

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**Katedra biotechnických úprav krajiny**



**VLIV VYBRANÝCH DRUHŮ DŘEVIN NA EROZI A HYDROFYZIKÁLNÍ  
VLASTNOSTI PŮD NA VÝSYPKÁCH**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce: Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.**

**Autor: Bc. Nikola Ungerová**

**2017**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Nikola Ungerová

Krajinné inženýrství

Název práce

Vliv vybraných druhů dřevin na erozi a hydrofyzikální vlastnosti půd na výsypkách

Název anglicky

Influence of selected woody species on erosion and hydrophysical soil properties on soil banks

---

### Cíle práce

Cílem této DP je porovnání vlivu vybraných druhů dřevin používaných při lesnických rekultivacích výsypek na vodní erozi a některé hydrofyzikální vlastnosti těchto antropozemí. Výsledku bude dosaženo pomocí terénních a laboratorních měření.

### Metodika

Na zvolených lokalitách o různém druhovém složení dřevin budou instalovány erozní parcelky pro měření skutečného odnosu půdních částic a srážkoměry pro zjištění intercepce porostů. Dále bude měřena infiltrace a odebrány vzorky půdy pro určení půdních charakteristik. Vzorky budou laboratorně vyhodnoceny (hydrofobicita, vlhkost, ...) a bude zvážen materiál z erozních parcelek. Tyto charakteristiky budou poté srovnány mezi sebou a bude vyhodnoceno, který druh dřeviny má největší potenciál k zadržení vody v půdě a tím snížení odnosu půdy.

**Doporučený rozsah práce**

40 – 50 stran

**Klíčová slova**

antropogenní půda, infiltrace, hydrofobicita, vlhkost, intercepce

---

**Doporučené zdroje informací**

- Augusto, L. et al. (2002). Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forestry Science* 59, 233 – 253.
- Cejpek, J. (2011). Vodní režim rekultivovaných a nerektivovaných výsypek. Diplomová práce, Ústav pro Životní prostředí, Přírodovědecká Fakulta UK
- Holý, M. (1994). Eroze a životní prostředí, Vydavatelství ČVUT Praha
- Chou, W.C. (2002). Soil erosion prediction and sediment yield estimation: the Taiwan experience. *Soil and Tillage Research* 68 (2), 143–152.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra biotechnických úprav krajiny

---

Elektronicky schváleno dne 11. 4. 2017

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 12. 4. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 17. 04. 2017

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením  
Mgr. Aleny Walmsley, Ph.D., a že jsem uvedla všechny literární prameny  
a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 15.4.2017

.....

### **Poděkování**

Děkuji vedoucí mé práce, paní Mgr. Aleně Walmsley, Ph.D., za ochotu, trpělivost a cenné rady, které mi při vypracování diplomové práce poskytla.

## **Abstrakt**

Tato práce má za úkol porovnat vliv nejčastěji používaných dřevin při lesnických rekultivacích výsypek na vodní erozi a vybrané hydrofyzikální vlastnosti půd. Pod vybranými druhy dřevin na určených lokalitách byly instalovány erozní parcelky o velikosti 1 x 1 m a měřen odnos sedimentu. Také byly aplikovány srážkoměry pro odhad intercepce jednotlivých porostů. Na těchto místech byla též změřena infiltrační schopnost půdy. Dále byly odebrány půdní vzorky pomocí Kopeckého fyzikálních válečků a analyzována jejich vlhkost, hydrofobicita a objemová hmotnost. Jako doplňkový parametr byl měřen obsah uhlíku v jednotlivých půdních vzorcích a byly odebrány listy nacházející se na erozních parcelkách.

Hlavní výzkum byl záměrně proveden na výsypce Malé Březno z důvodu, že na celé ploše lesnicky rekultivovaného území byla aplikována stejná zemina, použito stejného mulčovacího materiálu kolem sazenic, sklon svahů je víceméně uniformní a i klimatické podmínky jsou stejné. Vzhledem k těmto podmínkám vybraných lokalit se dá uvažovat o ovlivnění měřených parametrů vegetačním pokryvem, tedy dřevinami.

**Klíčová slova:** antropogenní půda, infiltrace, hydrofobicita, vlhkost, intercepce

## **Abstract**

The aim of this diploma thesis is to compare influence of the most used trees in forestry reclamation of dumps on water erosion and related selected hydrophysical properties. Under selected tree species on selected locations erosion plots of area 1 x 1 meter were installed and erosion of sediment was measured. Rain gauges were also applied to estimate the interception of individual species. On these locations infiltration capacity of soil was also measured. Then soil samples were taken using Kopecky cylinders and analyzed for moisture, hydrophobicity and bulk density. Carbon content in individual samples was measured as an additional parameter and leaves on erosion plots were gathered.

The main research intentionally took place on Malé Březno dump because on the whole area of forestry reclaimed land same type of soil cover was applied, same mulching material was used around the seedlings, slope was more or less uniform and even climate conditions are the same. According to these conditions on such locations one would consider influence of vegetation, namely trees, on measured parameters.

**Key words** : anthropogenic soils, infiltration, hydrophobicity, soil moisture, interception

## OBSAH

<b>1. Úvod</b> .....	10
<b>2. Cíle práce</b> .....	10
<b>3. Těžba uhlí</b> .....	11
3.1 Uhlí a jeho vznik .....	11
3.2 Uhelná ložiska na našem území.....	12
3.3 Historie těžby až po současnost .....	13
3.4 Obsah nebezpečných látek v uhlí .....	14
3.5 Pozůstatky po těžební činnosti – výsyvky.....	15
<b>4. Rekultivace oblastí zasažených povrchovou těžbou</b> .....	18
4.1 Legislativa .....	18
4.2 Fáze rekultivace .....	21
4.3 Způsoby rekultivace .....	23
4.4 Lesnická rekultivace .....	26
4.4.1 Postup .....	27
4.4.2 Výběr dřevin .....	29
4.4.3 Zakládání porostů .....	35
<b>5. Les a voda</b> .....	36
5.1 Atmosférické srážky .....	36
5.2 Vodní bilance .....	36
5.3 Půdní voda .....	38
<b>6. Eroze</b> .....	39
6.1 Vodní eroze .....	40
6.2 Příčiny vodní eroze .....	41
6.3 Vodní eroze a její následky .....	43
6.4 Metody výzkumu eroze .....	44
<b>7. Vybrané hydrofyzikální vlastnosti půd</b> .....	47
7.1 Infiltrace .....	47
7.2 Hydrofobicita .....	49
7.3 Vlhkost .....	50
7.4 Objemová hmotnost .....	52



<b>8. Charakteristika zájmového území</b> .....	54
8.1 Výsypka Malé Březno .....	54
8.1.1 Klimatické poměry .....	55
8.1.2 Geologické poměry .....	55
8.1.3 Hydrologické poměry .....	56
8.1.4 Rekultivace .....	57
8.2 Výsypka Radovesice .....	58
8.2.1 Klimatické poměry .....	58
8.2.2 Geologické poměry .....	59
8.2.3 Hydrologické poměry .....	59
8.2.4 Rekultivace .....	60
<b>9. Metodika</b> .....	60
9.1 Terénní část .....	61
9.1.1 Zájmové území – výsypka Malé Březno .....	61
9.1.2 Zájmové území – výsypka Radovesice .....	68
9.2 Laboratorní část .....	70
9.2.1 Eroze .....	70
9.2.2 Hydrofyzikální vlastnosti půd .....	71
9.2.3 Doplnující měření .....	73
<b>10. Výsledky</b> .....	75
10.1 Eroze .....	75
10.2 Hydrofyzikální vlastnosti půd .....	77
10.2.1 Hydrofobicita .....	77
10.2.2 Vlhkost .....	78
10.2.3 Objemová hmotnost .....	80
10.2.4 Infiltrace .....	81
10.3 Doplnující měření .....	82
10.3.1 Intercepční kapacita dřeviny .....	82
10.3.2 Uhlík .....	84
<b>11. Diskuze</b> .....	88
<b>12. Závěr</b> .....	89
<b>13. Přehled literatury a použitých zdrojů</b> .....	90
<b>14. Přílohy</b> .....	97

## **1. Úvod**

Vlivem průmyslové revoluce, na počátku 19. století, vzrostla poptávka po uhlí, což mělo za následek cílevědomé dobývání prostor, kde se nacházela ložiska této nerostné suroviny. V České republice se jedná především o těžbu hnědého uhlí na Mostecku a Sokolovsku a černého uhlí na Ostravsku. Subjekt, který takovýto prostor dobývá, má povinnost devastované území související s těžbou navrátit do původní podoby či takové, která je pro danou oblast vyhovující, tedy dané území rekultivovat. Možností způsobu rekultivace je několik. Od zemědělské, lesnické, hydrologické, rekreační až po speciální. Výsypky vznikající při velkolomové těžbě hnědého uhlí se nejčastěji rekultivují lesnickou formou. Nejprve je nutné upravit terén dané výsypky s případným použitím melioračních opatření a následně toto území zalesnit. Cílem rekultivace je vysázet takové druhy dřevin, aby se z dané lokality stal co nejdříve les. Sleduje se proto především vitalita dřevin, jejich zdravotní stav a rychlost růstu.

Tato práce nahlíží na danou problematiku ale z druhého úhlu pohledu. Každá dřevina ovlivňuje prostor ve svém nejbližším okolí, jehož zásadní součástí je půda. Dřevina působící na tuto půdu, která je často předem upravována pro lepší pěstební účinky, mění její vlastnosti. Některé změny půdních vlastností ale nejsou vždy žádoucí. To pak může mít dalekosáhlejší vliv, než pouze na nejbližší prostor dřeviny. Dle mého názoru je proto vhodné sledovat i opačný efekt, a tím je vliv dřevin na půdní vlastnosti, především pak ty hydrofyzikální a s nimi spojené vodní eroze půd.

## **2. Cíle práce**

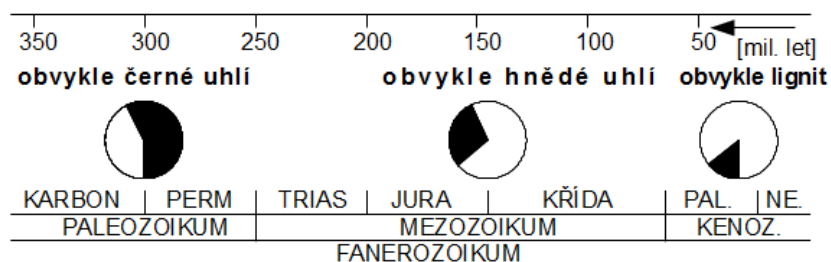
Cílem této diplomové práce je porovnání vlivu vybraných druhů dřevin používaných při lesnických rekultivacích výsypek na vodní erozi a některé hydrofyzikální vlastnosti těchto antropozemí. Výsledku bude dosaženo pomocí terénních a laboratorních měření.

### 3. Těžba uhlí

#### 3.1 Uhlí a jeho vznik

Jedná se o hořlavý sediment ze skupiny kaustobiolitů uhelné řady, jež vznikl akumulací rostlinných zbytků, u kterých došlo k různě pokročilé přeměně, takzvané karbonifikaci (Petránek et Synek, 2007).

Pravěké rostlinstvo, rozprostírající se na místech bažinných ekosystémů jezerních pánví, říčních delt a nízko položených území při okrajích pevnin, vytvářelo díky sluneční energii z vody, vzduchu a minerálních látek uhlovodíky. Po jejich odumření a následnému poklesu pod úroveň hladiny bažiny se díky nepřítomnosti kyslíku nemohlo rozložit běžnými biologickými procesy. Tyto hmoty, podobné rašelině, se posouvaly do větších hloubek, byly překrývány jinými materiály vlivem dalších a často náhlých geologických procesů a díky stále rostoucím tlakům a teplotám byla vytěšňována voda včetně dalších látek. Rostl tak podíl uhlíku a vytvářel se tzv. lignit, tedy nejmladší hnědé uhlí. Čím déle proces probíhal, tím více uhlíku se v dané vrstvě vytvářelo a z hnědého uhlí se tak pomalu stávalo uhlí černé (OKD, 2012). Dá se říci, že přibližně 56 % uhlí má původ v období Karbonu a Permu (Obr.č.1). Z Jury a Křídý zhruba 30 % a zbylých 14 % v období Paleogénu a Neogénu (Škorpík, 2016).

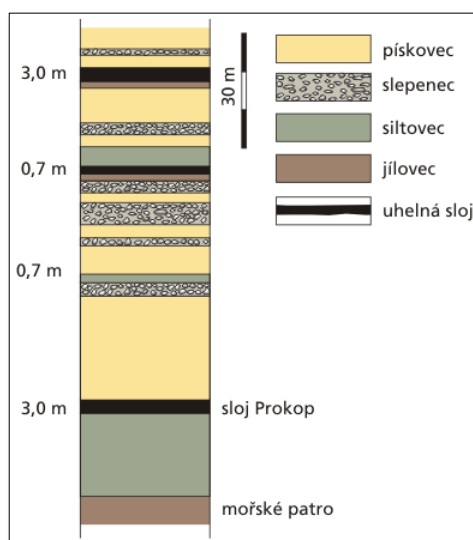


Obr.č.1: Výřez z časové osy Země zachycující období vzniku uhlí  
Vysvětlivky: PAL. – Paleogén, NE. – Neogén, KENOZ. – Kenozoikum. (Škorpík, 2016)

### 3.2 Uhelná ložiska na našem území

Terciární hnědouhelné pánve vznikly u nás v severních a jižních Čechách, na jihovýchodní Moravě a ve Slezsku. Ty nejvýznamnější se nacházejí právě v severních Čechách pod Krušnými horami v příkopové propadlině. Jedná se o pánve mosteckou (dříve severočeskou), sokolovskou a chebskou. Největší z nich je mostecká hnědouhelná pánev, která je vymezena orografickými celky krušnohorského masivu, Českým středohořím, Žateckou plošinou a vulkanickým masivem Doupovských hor na západě (Petránek et Synek, 2007). Je tvořena sedimentární výplní miocenního původu o rozloze 870 km<sup>2</sup>. Uhelná sloj ležící na území mostecké pánve je tvořena samostatnými tělesy o nepravidelném rozsahu, mocnosti a úklonu. Místy má sloj mocnost až 70 m, jinde naopak úseky sloje chybí (Dvořák et al., 2012).

Ložiska černého uhlí jsou v České republice součástí šesti různých pánví, a to pánve Plzeňsko-radnické, Mělnické, Vnitrosudetské, Středočeské, Podkrkonošské a Ostravsko-karvinské (Švecová, 2012). Dominantní ložisko černého uhlí představuje Ostravsko-karvinská pánev (1500 km<sup>2</sup>) se svojí největší zásobou černého uhlí v České republice (90 %). Rozlišují se zde dvě souvrství: ostravské a karvinské. Zatímco ostravské souvrství vzniklo v přímořském prostředí pod vlivem časté vulkanické činnosti, karvinské se začalo vytvářet až po ústupu moře (OKD, 2012). Vrstevní sled Ostravsko-karvinského revíru je zobrazen na Obr.č.2.



Obr.č.2: Vrstevní sled Ostravsko – karvinského revíru. Nejvyšší část ostravského souvrství s mořským patrem (mp) a nejspodnější část karvinského souvrství s význačnou slojí Prokop (P) na bázi a s typickým výskytem slepenců (online: [www.geology.cz](http://www.geology.cz), staženo: 7.03.2017).

### 3.3 Historie těžby až po současnost

Zatímco ložiska ropy a zemního plynu mají na našem území velmi omezený význam a kryjí jen zlomek naší spotřeby energie, u zdrojů hnědého a černého uhlí je tomu právě naopak. Těžba uhlí má u nás více jak šest set let dlouhou tradici a umožnila vznik významných průmyslových aglomerací (Pešek et Sivek, 2010). Na území bývalého Československa, ve druhé polovině minulého století, dosahovala těžba uhlí nejen potřeb ekonomiky a technického rozvoje, ale také zaujímal významné postavení v takzvaném východním bloku. S tím souvisel i zřetelný nárůst těžby. Černého uhlí bylo roku 1937 vytěženo 16,1 Mt a jeho množství, až na chvilkový pokles roku 1946 (17,7 Mt) strmě stoupalo do roku 1965. V letech 1965 – 1985 se pohybovalo mezi 25 až 28, 2 Mt, než začalo výrazně klesat. Dokonce roku 2011 jeho vytěžené množství spadlo až pod hodnotu z roku 1937, a to na 11 Mt. Naopak hmotnost vytěženého hnědého uhlí od roku 1837, kdy bylo vydobyto 18 Mt, do roku 1946 pomalu stoupala a od té doby do roku 1984 vykazovala lineární nárůst také až o 18 Mt v pětiletých obdobích. A právě roku 1984 bylo dosaženo největšího vytěženého množství (96,8 Mt). Podobný charakter má i křivka výroby elektrické energie, rozdílné je pouze období mezi roky 1985 – 1990, kdy vyvrcholil objem vyrobené elektrické energie a pak období 1994 – 2003. V té době byl nárůst zaštitěn energií vyrobenou nejprve v jaderné elektrárně Dukovany a následně v Temelíně. Do té doby však uhelné elektrárny zajišťovaly výrobu elektrické energie z více než 95 %.

Po roce 1989, vlivem změny struktury průmyslu a s tím související jeho energetické náročnosti, došlo k uzavírání nerentabilních dolů. Důsledkem toho bylo množství vytěženého černého a hnědého uhlí sníženo. Roku 1991 vláda odsouhlasila rozhodnutí o územně ekologických limitech, jež definuje linie, za které nesmí postoupit těžba v jednotlivých severočeských dolech a zároveň znemožňuje otvírku nových lokalit (Chytka et Šafářová, 2009; Pešek et Sivek, 2010).

Množství vytěženého uhlí má stále se snižující charakter. Významnou příčinou je úbytek reálně vytěžitelných zásob těchto nerostů v dobývaných ložiscích (Malečková et al., 2010). Nicméně uhlí i tak pro Českou republiku představuje významný zdroj pro výrobu elektrické energie a tak se dá s velikou jistotou říci, že

jeho těžba bude i v budoucnu pokračovat. To dokazuje i nedávné prolomení limitů na dole Bílina.

V současné době se těžbou hnědého uhlí zabývá několik společností. Významnými společnostmi jsou Severočeské doly a.s., Sokolovská uhelná a.s. a skupina Czech Coal a.s. zahrnující Vršanskou uhelnou a.s. a Severní energetickou a.s. Všechny tyto společnosti působí v Severočeské hnědouhelné pánvi a konkrétní názvy jejich lokalit jsou zobrazeny v Tab.č.1.

Název společnosti		Název lokality
Severočeské doly a.s.		Doly Bílina, Doly Nástup Tušimice
Sokolovská uhelná a.s.		Lom Jiří ve Vintřově
Czech Coal a.s. <	Vršanská uhelná a.s.	Lom Vršany
	Severní energetická a.s.	Lom Československé armády (ČSA)

Tab.č.1: Soupis významných společností zabývajících se těžbou hnědého uhlí

Naopak těžbě černého uhlí se věnuje pouze jediná společnost, a tou je společnost OKD a.s., jež má v činnosti 3 doly v Ostravsko – karvinském revíru (Tab.č.2).

Název společnosti	Název lokality	
OKD a.s.	ČSA	Důlní závod 1
	Lazy	
	Darkov	
	Sever	Důlní závod 2
	Jih	
	Staříč	Důlní závod 3
Chlebovice		

Tab.č.2: Soupis společností zabývajících se těžbou černého uhlí

### 3.4 Obsah nebezpečných látek v uhlí

Uhlí obsahuje minerální látky, které jsou zdrojem prvků a jejich sloučenin, jež mají nepříznivý vliv na zdraví lidí a také na životní prostředí. Podle stupně nebezpečí se dají zařadit do tohoto pořadí: síra, berylium, kadmium, arzen, etuť, kobalt, thalium, selen, telur, antimon, cín, fluor, chrom, měď, olovo, vanad, zinek, brom, chlor

(Pešek et Sivek, 2010 ex Macůrek et al., 1997). Na území Severočeské hnědouhelné pánve je typickým prvkem síra obsažená v lignitech a hnědém uhlí. Její obsah menší než 1 % je vázán na území podél krušnohorského okraje pánve. Obsah v rozmezí 1 - 1,5 % je běžný v její centrální a jižní části (Bouška et Pešek, 1999). V okolí některých struktur, místy i v oblasti „bíliné delty“ ve vertikálním profilu, sloje dosahují maxima 6,7 % (Pešek et Sivek, 2010 ex Mach et al., 2001) až 11 % obsahu síry (Pešek et Sivek, 2010 ex Zelenka, 1993).

Arzen, jakožto nejsledovanější prvek v Severočeské hnědouhelné pánvi, má průměrné hodnoty 9,9 ppm v uhlí (Pešek et Sivek, 2010 ex Macůrek et al., 1997) a 39,9 ppm v popelu uhlí (Bouška et Pešek, 1999). Jeho největší hodnoty až 387 ppm byly zaznamenány v uhlí z velkolomu ČSA, stejně jako hodnoty antimonu 7,5 ppm a wolframu 108,5 ppm. Kromě arzenu zde byly zaznamenány také vyšší koncentrace olova, berylia, fluoru, vanadu, chromu, selenu a mědi (Bouška et Pešek, 1999).

### **3.5 Pozůstatky po těžební činnosti – výsyvky**

Při velkolomové těžbě hnědého uhlí vzniká odpad (vytěžené horniny z nadloží – skryvka), jež je nutné trvale či dočasně uložit. Tento odpad je tedy přepravován na předem zvolené místo, kde se hromadí. Toto místo se nazývá výsyvkou. Výsyvky jsou zakládány zakladači prstovým nebo bočním způsobem. Prstový způsob není příliš vhodný, jelikož při jeho aplikaci vznikají výsyvky s členitým a nerovným povrchem. Je tedy nutné před vlastní rekultivací upravit výsypkový povrch. Boční způsob zakládání je vhodný jak z pohledu rekultivace, tak i využití výsypného prostoru. Výsyvky se podle místa uložení dělí na vnitřní a vnější.

#### **Vnější výsyvky převýšené**

Jsou většinou zakládány mimo prostor samotné těžby, což znamená devastaci nových ploch. V některých případech mohou být ale založeny v již vyuhlených lomech. Vnější výsyvka může být také založena i v případě přechodu vnitřní úrovně výsyvky převýšením mimo území původního lomu.

Vzorec pro výpočet plochy potřebné pro založení výsypky zní:

$$F = V \cdot k / H$$

Kde: V – objem vytěžených zemin v rostlém stavu (m<sup>3</sup>)

k – koeficient nakypřených zemin

H – předpokládaná výška výsypky (m)

### **Vnitřní výsypky úrovně**

Tyto výsypky jsou vhodné z toho důvodu, že jsou zakládány v prostorách vyuhlených lomů. Horniny jsou vrstveny až k úrovni předešlého rostlého terénu, ale musí se brát ohled na koeficient nakypření a koeficient slehnutí hornin, aby nedošlo k jejich poklesu pod úroveň terénu. Z hlediska rekultivačního jsou tyto výsypky vhodné.

### **Vnitřní výsypky podúrovně**

Podúrovně výsypky jsou naopak účelně zakládány pod úroveň původního rostlého terénu. Důvodem je založení odlehčovací vnější výsypky převýšené při otvírce lomu a deficit hmot u vytěžené sloje. Pro rekultivační účely tyto výsypky nejsou příliš vhodné, stejně tak pro účely báňské.

### **Vnitřní výsypky převýšené**

Principem je po dosažení kóty původního terénu vnitřních výsypek úrovnových stejné založení jako u vnějších převýšených výsypek. Tím se maximalizuje využití kapacity devastovaného výsypného prostoru (Jonáš et Peroutková, 1997).

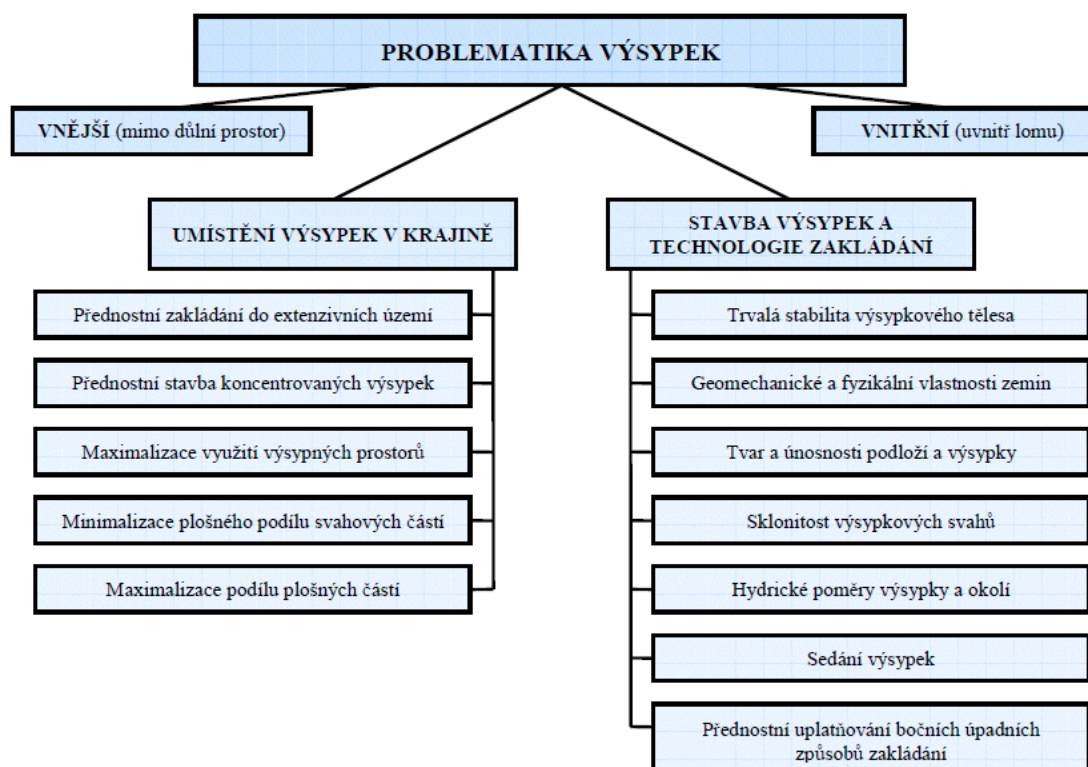


Zeminy výsypek jsou charakteristické pro své specifické podmínky. Dle Dimitrovského (2009) se jedná především o tyto:

- výrazně pozměněná strukturální skladba
- výrazně pozměněná morfologická charakteristika
- diferenciovaná stratigrafie povrchových vrstev výsypek
- značně diferenciované fyzikální vlastnosti
- neustálený vzdušný, vodní a teplotní režim

Nadloží hnědouhelných slojí tvoří z 80 % jíly až jílovce s proměnlivým zastoupením jílových minerálů. Proměnlivý je též podíl fyzikálního jílu, obsah organických látek a tmelů. To se odráží ve složení výsypek, které jsou tak tvořeny převážně půdami jílové povahy (Vráblíková et al., 2009). Ačkoliv těleso výsypky neobsahuje vytěžené materiály v dostatečné koncentraci, může obsahovat stopy látek nebezpečných (viz kapitola 3.4).

Výsypky jsou recentní útvary, které působí významné změny v krajině. Jejich problematika je shrnuta na Obr.č.3.



Obr.č.3: Problematika výsypek (Vráblíková et al., 2009)

#### **4. Rekultivace oblastí zasažených povrchovou těžbou**

Velkoplošná devastace území proniká do všech sfér přírodního a socio-ekonomického prostředí. Je tudíž nezbytné se pokusit takto devastovaná území navrátit do stavu původního nebo takového, které je pro danou oblast vyhovující. K tomu by měla posloužit rekultivace daného území, která musí řešit též revitalizaci, rekonstrukci, rehabilitaci a sanaci složek ovlivněných touto devastací.

##### **4.1 Legislativa**

Jak se zmiňuje Sixta (2015), pojem rekultivace vychází ze spojení dvou slov, a to slova re (vrácení základu) a slova kultivace (zúrodnování, zušlechtění). Dle vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu, je rekultivace definována jako činnost, při které se dané místo zpravidla dotčené lidskou činností uvede do souladu s okolím a obnoví se funkčnost povrchu terénu ve vztahu k jeho původnímu užívání či nově zamýšlenému užívání (MŽP, 2005). V případě oblastí zasažených těžbou se jedná o rekultivace jak míst, kde přímo docházelo k těžbě, tak míst s těžbou souvisejících, jako jsou například výsypky. Zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, v platném znění, přímo ukládá před zahájením samotného záměru vyčíslit náklady na sanaci a rekultivaci pozemků a vytvořit vázaný účet finančních rezerv pro vypořádání důlních škod na sanaci a rekultivaci pozemků, které jsou dotčené dobýváním. Tyto rezervy se musí pravidelně kontrolovat a též se musí vést jejich evidence (GOV, 2017; PSP ČR a, 2017). Organizace, která za těžbu zodpovídá, je dle vyhlášky č. 104/1988 Sb., o racionálním využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem, povinna zjišťovat a evidovat množství hmot ukládaných na odvalech, výsypkách, odkalištích a při dobývání ložiska kontrolovat znečištění a škodlivé látky (PSP ČR b, 2017).

Plán otírky, přípravy a dobývání výhradního ložiska hlubinným a povrchovým způsobem obsahuje, jak definuje vyhláška č. 104/1988 Sb., textovou a mapovou část. V textové části se musí uvést, mimo jiné, plán sanace a rekultivace území dotčeného těžbou. Tento plán konkrétně určuje technický plán včetně harmonogramu prací, vyčíslení předpokládaných nákladů na vypořádání očekávaných důlních škod a na

sanaci a rekultivaci dotčených pozemků včetně návrhu na vytvoření rezerv a průběh jejich vytvoření (PSP ČR b, 2017).

Pokud území budoucí těžby spadá do zemědělského půdního fondu (orné půdy, zahrady, vinice, chmelnice, louky, pastviny, trvalý travní porost), musí se zažádat o jeho odnětí. Aby k odnětí mohlo dojít, musí se vypracovat dokumentace včetně vyhodnocení různých aspektů. Jedním z nich je vyhodnocení předpokládaných důsledků navrhovaného řešení územně plánovací dokumentace na zemědělský půdní fond. Vyhodnocení se skládá z textové, tabulkové a grafické části, která se zpracovává v samostatném doplňujícím výkresu, jehož podkladem jsou mapy měřítek použitých pro hlavní výkresy. Textovou, tabulkovou a grafickou část obsahuje i vyhodnocení předpokládaných důsledků návrhu na stanovení dobývacího prostoru na zemědělský půdní fond, které se musí též zpracovat. Rozsah tohoto dokumentu je dán způsobem dobývání nerostů (povrchově, hlubinně apod.) a jeho prostorovou velikostí. Vyhodnocení se provádí pro celou výměru půdy náležející do zemědělského půdního fondu, který bude těžbou dotčen. Důsledky navrhovaného dobývání nerostů na zemědělský půdní fond by měly být také součástí vyhodnocení a opět obsahují jak textovou, tak i tabulkovou a grafickou část. Důležitým bodem je zpracování plánu rekultivace půdy odňaté ze zemědělského půdního fondu pro některé nezemědělské účely. Tento plán by měl obsahovat technickou a biologickou část rekultivace, jejich časový postup, rozpočet nákladů na provedení a mapové podklady znázorňující terén před a po rekultivaci a napojení rekultivovaného území na okolní terén. Technická část rekultivace uvádí cíle a způsob terénních úprav pozemků, výsypek, odvalů, včetně přípravy pozemků pro biologickou část rekultivace, množství skrývaných zemin, meliorační opatření, úpravy vodního režimu a způsob vybudování příjezdových a provozních komunikací. Biologická část se věnuje melioračnímu osevnímu postupu, intenzitou hnojení a cílem dané rekultivace. Všechna tato vyhodnocení včetně plánu rekultivace jsou dána vyhláškou č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu, vydanou Ministerstvem životního prostředí (MŽP, 1994).

Pokud se ovšem jedná o pozemek určený k funkci lesa, je nutné odnětí provést podle vyhlášky č. 77/ 1996 Sb., o náležitostech žádosti o odnětí nebo omezení a podrobnostech o ochraně pozemků určených k plnění funkcí lesa. Ta stanovuje náležitosti odnětí či omezení pozemků určených k plnění funkce lesa, návrh plánu rekultivace, podrobnosti při řízení o záboru pozemků a podrobnosti při rekultivaci

pozemků. Návrh plánů rekultivace obsahuje opět jak technickou, tak biologickou část. Dále pak časový a prostorový postup rekultivace, soupis pozemků, na kterých se lesnická rekultivace neplánuje a také mapové podklady daného území. Náležitosti technické části rekultivace a mapových podkladů jsou totožné s plánem rekultivace u zemědělského půdního fondu, biologická část má ovšem náležitosti jiné. Při ní se musí uvést předpokládané druhové a prostorové skladby porostů, množství a druh reprodukčního materiálu, intenzita včetně způsobu přihnojování a způsob ošetření a ochrany porostu na rekultivované ploše. Orgán státní správy lesů, na základě vypracované dokumentace, poté posoudí ekonomické a společenské zdůvodnění požadavku a důsledky případného záboru na plnění funkcí lesa.

Po dokončení rekultivace subjekt, který zažádal o odnětí pozemků určených k funkci lesa, oznámí orgánu státní správy lesů skutečnost o dokončení rekultivačních prací, aby tyto pozemky mohly být vráceny vlastníkům nebo nájemcům a aby zanikla povinnost placení poplatků za odnětí (Mze, 1996).

#### Další platná legislativa:

Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí, v platném znění

Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, v platném znění

Zákon č. 282/1991 Sb. o inspekci životního prostředí a její působnosti v ochraně lesa, v platném znění

Zákon č. 123/1998 Sb. o právu na informace o životním prostředí, v platném znění

Zákon č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu, v platném znění

Zákon č. 289/1995 Sb. o lesích a o změně některých zákonů, v platném znění

Zákon č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství, v platném znění

Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění

Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, v platném znění

Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu, v platném znění

Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění

Zákon č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky, v platném znění

Zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci a o omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů, v platném znění

## **4.2 Fáze rekultivace**

Jak vyplývá z legislativních podmínek, sanace a rekultivace probíhá v několika fázích, které na sebe vývojově navazují. Jedná se o fázi přípravnou, důlně – technickou, biotechnickou a následné péče neboli postrekultivační.

### **Přípravná fáze**

Jedná se o fázi probíhající již v období otvírkových, přípravných a těžebních prací. Tato fáze se zabývá projekční činností a vytváří vhodné podmínky pro další realizaci následných etap a fází rekultivačního cyklu. Zjišťují se zde také údaje o abiotických a biotických složkách zájmového území (VSB, 2015; Dočkal, 2017). Abiotické údaje se zjišťují pomocí hydrologických, pedologických a geologických průzkumů a biotické studií druhů živočichů a rostlinstva vázaných na dané území (pokud patří do skupiny chráněných, přemístí se). Tato fáze má preventivní a optimalizační funkci a účinnost. Postup průzkumu ložiska by měl být zvolen tak, aby poskytoval podklady a informace nejen potřebné k otvírce tohoto ložiska, ale také ke zvážení možnosti následné rekultivace. V této fázi je též potřebné preventivně vyřešit střety zájmů s předpokladem přednostního prosazování celospolečenských priorit (Dirner et Smolík, 2006). Jednání o budoucí těžbě se týká dotčených právnických a fyzických osob včetně orgánů státní správy, jestliže jsou dotčeny využitím výhradního ložiska (Czechcoal, 2017).

### **Důlně – technická fáze**

Tato fáze probíhá již během samotné těžby a snižuje vliv devastace území na životní prostředí. Zaměřuje se na selektivní odkliz ornice, zúrodnitelných a melioračně hodnotných zemin (pokud se v nadloží nacházejí) a jejich následné umístění. Součástí je i tvarování vznikajících výsypek, odvalů a složišť v krajině a odkliz neproduktivních zemin a hornin. Během této fáze lze ovlivňovat rozsah,

intenzitu devastace a ekologicko – stanovištní podmínky území, které mají přímý vliv na efektivnost dané rekultivace (Dirner et Smolík, 2006; VSB, 2015).

### **Biotechnická fáze**

Biotechnická fáze obsahuje dvě části na sebe chronologicky navazující, technickou a biologickou.

Technická část má na starost tyto činnosti:

- terénní úpravy
- navážky úrodných a potenciálně úrodných zemín a hornin
- půdní melioraci, která zlepšuje fyzikální, mechanické, fyzikálně chemické a biologické podmínky za účelem ekologicky a ekonomicky efektivního průběhu půdotvorných procesů
- hydromeliorační opatření s cílem optimalizace hydrických poměrů v pedosféře (odvodňování, závlahy)
- hydrotechnická opatření řešící odtokové poměry a obnovu či zcela nové vytvoření hydrografické sítě v dané lokalitě
- technické stabilizace svahů včetně protierozních opatření, kterými se minimalizuje dynamika geomorfologických procesů ve svažitém území
- výstavbu komunikací

Biologická část se poté věnuje tvorbě zemědělských pozemků, založení lesnických porostů a kultur či hydrickým rekultivacím. Ohledně zemědělských pozemků se jedná o soubor agrotechnických opatření včetně zakládání speciálních kultur, zatímco u lesních porostů jde o soubor lesnických prací nutných při zakládání porostů a pěstební péči na zalesnění (Dirner et Smolík, 2006).

### **Postrekultivační fáze**

Jde o období nastávající po ukončení vlastních rekultivací a zařazení dotčených ploch do běžného ošetřování a užívání. V případě zemědělské rekultivace je cílem

zvýšení úrodnosti pěstovaných kultur a v případě lesnické rekultivace urychlení požadovaného stavu druhového zastoupení vybraných dřevin (Dirner et Smolík, 2006).

### 4.3 Způsoby rekultivace

*„Civilizační úroveň každé společenské etapy bude vždy hodnocena nejen podle toho, co poskytovala přítomným generacím, ale hlavně podle toho, co zanechala generacím příštím, a to nejen ve sférách hmotných, duševních a kulturních statků, ale i v oblasti krajiny a životního prostředí“ (Štýs, 2014).*

Jak říká významný český odborník na rekultivace krajiny postižené těžbou Stanislav Štýs, stupeň vyspělosti civilizace se odráží, mimo jiné, i na tom, v jakém stavu krajinu a s ní spojené životní prostředí předáme dalším generacím. V případě, že ráz krajiny narušíme velkolomovou těžbou hnědého uhlí, měli bychom udělat všechny potřebné kroky k tomu, abychom následky této devastace co nejvíce zahladili. Obnovení zdevastovaného území nám dává příležitost k vytvoření nové, harmonické a stabilní krajiny. Je to nový začátek, ale musí být proveden s péčí a trpělivostí, jedině tak bude proveden správně.

Velmi zásadní je tedy výběr způsobu rekultivace. Při určování vhodného způsobu rekultivace je žádoucí posoudit krajinně ekologické funkce. Jejich rozmanitost je však, vzhledem k různým regionálním podmínkám, velice značná a proto není možné jednoduše převzít zahraniční zkušenosti. Každý stát proto zajišťuje v této oblasti vlastní výzkum (Pecharová et al., 2011). Neměly by se též opomíjet hydrologické, půdní, biotické, geologické charakteristiky a příslušnost ke geografické oblasti. Potřeby obyvatel daného území, ekonomické aspekty, vztahy k zemědělství, průmyslu, lesnictví, struktuře dopravní a technické infrastruktury jsou také dalším aspektem při výběru způsobu rekultivace. V neposlední řadě i estetické hledisko je důležité (Štýs et al., 2014). Možné způsoby rekultivace jsou patrné z Obr.č.4.

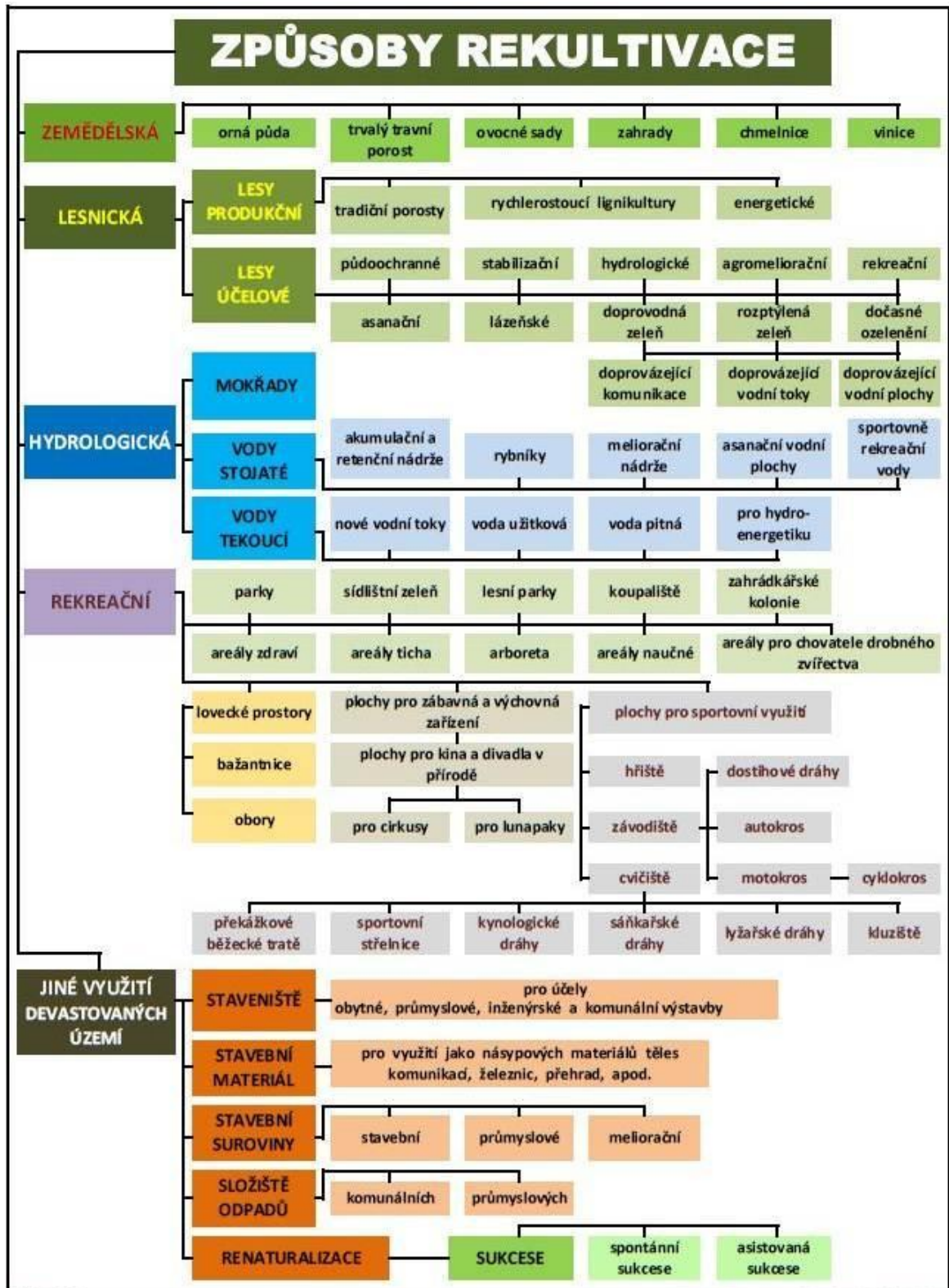


Schéma č. 3

© Ing. Stanislav Štýs, DrSc.

Obr.č.4: Schematické znázornění způsobů rekultivace (Štýs, 2013; online: [www.ekolist.cz](http://www.ekolist.cz), staženo:12.3.2017)



## **Zemědělská rekultivace**

Mezi zemědělské rekultivace lze zařadit výsadbu ovocných sadů, zřízení pastvin, luk, vinic, zahrad a polí. Pro tento způsob rekultivace jsou vhodné rovné či mírně ukloněné plochy umožňující přístup kultivačních a sklízecích strojů. To splňují například vnitřní úroňové výsypky nebo náhorní roviny převýšených výsypek a odvalů. Podmínkou však je dostatečná mocnost a kvalita půdotvorného substrátu. Pokud povrch výsypky tuto podmínku nesplňuje, je cíle dosaženo překrytím výsypkového povrchu orníci. Vhodnou zemínou pro tento účel je zemina kvartérního původu, jako je spraš (Jonáš et Peroutková, 1997; Vráblíková et al., 2009).

## **Hydrologická rekultivace**

Jednou z dalších možností, jak začlenit místo zdevastované těžbou do okolní krajiny, je zatopení zbytkových jam vodou. Zatopením vznikne jezero (nádrž), které by nemělo sloužit pouze jako krajinně estetický prvek, ale mělo by mít taktéž ekologickou, sportovně - rekreační a sociálně - ekonomickou funkci. Takto vzniklá jezera jsou velkou zásobárnou vody, a proto mohou být využita i na závlahy, průmyslovou činnost, případně jako zdroj pitné vody. Je však důležité utěsnit dno uhelné sloje, zajistit stabilitu navazujících svahů a břehů a zajistit kvalitu vody. Předpokládá se, že takto vzniklá jezera budou trvale oligotrofní s vysokou kvalitou vody.

Mezi hydrologické rekultivace se též řadí úprava stávajících vodních toků, vytvoření příkopů, průlehů, teras, protierozních cest, retenčních nádrží a sanace strží. Sanační odvodnění se většinou týká odvedení mělké podzemní vody z kvartérních propustných vrstev mimo svahové partie pomocí odvodňovacích prvků (dreny, kamenná odvodňovací žebra) na bočních svazích. Příkladem může být jezero Most či jezero Chabařovice u Ústí nad Labem (Dimitrovský, 1999; Vráblíková et al., 2009).

## **Rekreační rekultivace**

Tyto rekultivace se realizují na územích, která nemají sloužit k hospodářským účelům. Patří sem hřiště, stadiony, střelnice, jízdárny, kempy, zoologické zahrady, parky a další. Jako příklad může být uveden automobilový závodní okruh na výsypce

již nefunkčního lomu Matylda u Mostu nebo golfového hřiště na Velebudické výsypce v Mostě (Vráblíková et al., 2009).

### **Jiné využití devastovaných území**

Pokud je dané území vhodné k jiným účelům nežli k hospodaření a rekreaci, nabízí se jiný způsob jeho využití. Může se využít ke složení komunálního nebo průmyslového odpadu, jako zdroj stavebního materiálu (násyp komunikací, železnic, přehrad), zdroj surovin nebo jako staveniště pro účel obytné, průmyslové, inženýrské a komunální výstavby. Zvláštním případem jak pak takzvaná renaturalizace neboli sukcese (Štýs, 2013).

Sukcese může být buď spontánní, nebo řízená. Je vhodná především na těch místech, kde nehrozí negativní jevy, jako jsou sesuvy půd, eroze a kontaminace půd. Její výhoda spočívá v tom, že druhy osidlující nové území jsou dobře adaptovány na dané prostředí a nevyžadují dodatečnou péči, plochy ponechané sukcesi představují refugia pro volně žijící druhy živočichů a přírodní hodnota spontánně osídleného území je vyšší než u technicky obnovených lokalit. Další její výhodou je i to, že je ekonomicky méně náročná než ostatní způsoby rekultivace (Prach et Hobbs, 2008).

### **Lesnická rekultivace**

Tento způsob rekultivace je dnes velice používaný, především pak na výsypkách. Vzhledem k tomu, že se tato práce týká právě tohoto způsobu rekultivace nejvíce, je jí věnována samostatná následující kapitola.

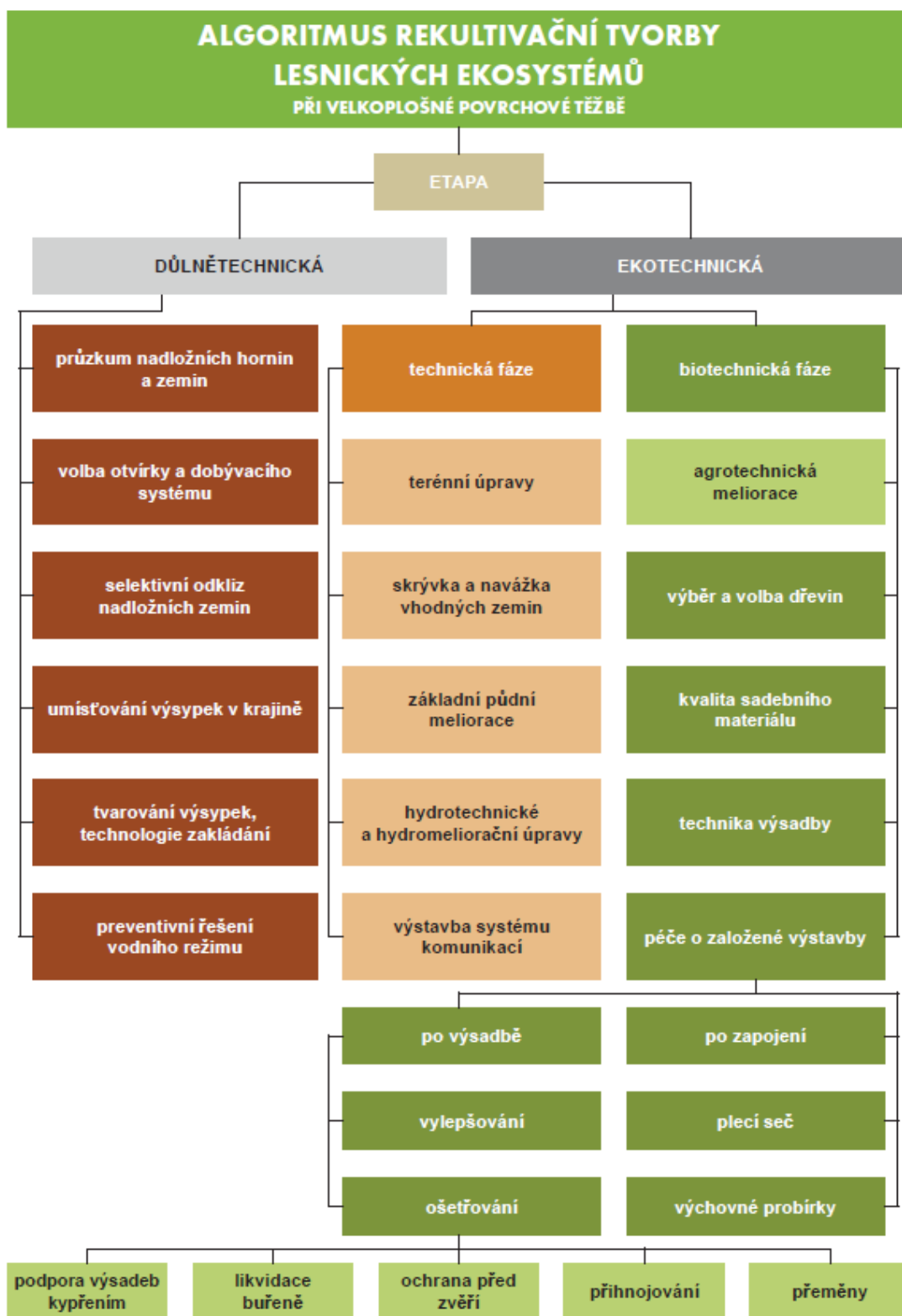
#### **4.4 Lesnická rekultivace**

Lesnické rekultivace reprezentují biologický způsob obnovy krajiny, při kterém se vysazují lesní porosty nebo sejí semena lesních dřevin na zájmové lokality. Těmito zájmovými lokalitami jsou většinou výsypky lomů. Antropogenní půdy, jimiž jsou výsypky tvořeny, představují pro dřeviny vysoce specifické podmínky prostředí, především mikroklimatické a půdní. Je proto důležité zvolit vhodnou přípravu výsypky před samotnou výsadbou a také vhodný samotný výběr dřevin.

Předností lesnických rekultivací je polyfunkčnost. Mají hydrologickou, protierozní, stabilizační, klimatickou, asančně – hygienickou a esteticky – rekreační funkci. Les nejsou jen pouhé stromy, nýbrž celý ekosystém, který je tvořen geologickými, půdními, hydrologickými a klimatickými faktory včetně souboru rostlin a živočichů. Při lesnické rekultivaci musí být tedy aplikováno široké spektrum znalostí, aby byla zdařená.

#### **4.4.1 Postup**

Nejprve je nutné výsypkový povrch tvarově upravit, dle potřeby odvodnit, stabilizovat a opatřit lesními cestami. Základním předpokladem úspěšnosti rekultivace je také vytvoření vhodných půdních podmínek. Někdy je možné zalesňovat přímo, ale pokud to není možné, je potřeba využít melioračně hodnotné zeminy, jako jsou slíny, bentonity, komposty nebo rašeliny. Zalesňování se realizuje pomocí dřevin přípravných (průkopnických) a hlavních. Mezi přípravné a průkopnické se řadí *olše (Alnus)*, *jeřáby (Sorbus)*, *břízy (Betula)*, *topoly (Populus)*, *akáty (Robinia pseudoacacia)*, *vrby (Salix)* a mezi ty hlavní pak *duby (Quercus)*, *javory (Acer)*, *lípy (Tilia)*, *modříný (Larix)*, *jasany (Fraxinus)* a vybrané druhy *borovic (Pinus)*. Výsadba sazenic, kterých je potřeba zhruba deset tisíc na hektar, se provádí do jamek, do kterých se dle potřeby přidávají meliorační příměsi a prostředky výživy rostlin. Následuje několikaletá péče o takto vysazené kultury spočívající v nové výsadbě sazenic za uhynulé stromky, likvidaci plevelné vegetace sečením, okopávkou a v nouzi chemickými postřiky (pouze výjimečně). Proti okusu zvěří se používají před zimním obdobím ochranné nátěry nebo oplocenky. Tento rekultivační proces trvá řadu let, v závislosti na výsypce. Za les bývá považován porost, ve kterém stromy dosahují výšky nejméně 5 m, je zapojený natolik, že si dokáže vytvořit vnitřní porostní mikroklima, umí se sám vypořádat s plevelnou konkurencí a odrůstá okusu zvěří. U rekultivačních porostů se takového stupně dosáhne za zhruba 10 – 15 let a náklady s tím spojené se pohybují okolo milionu korun na hektar (Štýs, 2009). Stručný návod lesnické rekultivace je zobrazen na Obr.č.5.



Obr.č.6: Návod lesnické rekultivace po velkoplošné povrchové těžbě (Štýs et al., 2014).

#### **4.4.2 Výběr dřevin**

Po technické přípravě na zalesnění přichází ta nejdůležitější část, a tou je výběr dřevin. Otázka správného výběru dřevin je tématem mnoha odborníků a záleží vždy na faktorech, dle jakých se posuzují.

Štýs et al. (2014) ve své publikaci Proměny severozápadu říká, že výběr dřevin je ovlivněn fytogeografickou oblastí, povahou stanoviště a zvoleným funkčním typem porostu. Tím může být les hospodářský, jehož smyslem je produkce kvalitní dřevní hmoty, les půdoochranný a protierozní, díky němuž kořenový systém stabilizuje prostor rhizosféry, les půdotvorný, který má za úkol vytvářet pedosféru, les hydrologický s funkcí zlepšování infiltračních a akumulačních vlastností rhizosféry, les sanitární s asanačním působením se schopností eliminace škodlivých látek v prostředí a konečně les rekreační, jehož cílem je vytvoření zdravého, příjemného a esteticky působícího prostředí, který je vhodný ke společensky účelnému využívání volného času.

Ing. Dimitrovský (1999) se zaměřuje na výběr dřevin z hlubšího hlediska a při testování uvažuje tyto faktory:

- a) ujmoutí testovaných dřevin a keřů na uměle vytvořených půdních substrátech kvartérního a zejména terciérního původu,
- b) vzrůst a vývoj jednotlivých druhů pěstovaných v monokulturách a směsích
- c) půdotvorný a půdoochranný význam, zejména pak u listnatých
- d) rezistenci proti působení průmyslových imisí
- e) do určité míry i estetická stránka habitusu jednotlivých druhů

Ze škály otestovaných dřevin a keřů poté provádí klasifikaci (Tab.č.3), která přehledně znázorňuje, jaké dřeviny a keře jsou pro rekultivační účely:

velmi vhodné +

vhodné ++

méně vhodné +++

nevhodné ++++

### 1) Jehličnaté

<i>Abies alba</i> – jedle bělokorá	++++
<i>Abies grandis</i> Lindl – jedle obrovská	++
<i>Abies concolor</i> Hoopes – jedle ojněná	+
<i>Abies nordmanniana</i> Spach – jedle kavkazská	++
<i>Larix decidua</i> Mill – modřín opadavý	+
<i>Larix sudetica</i> Mill – modřín sudetský	+
<i>Picea engelmanni</i> Engelm – smrk Engelmannův	+
<i>Picea excelsa</i> Link – smrk ztepilý	+++
<i>Picea mariana</i> B.S.P. – smrk černý	++
<i>Picea omorica</i> Purk – smrk omorica	+
<i>Picea pungens</i> Engelm – smrk pichlavý	+
<i>Picea sitchensis</i> Carr – smrk sitka	++++
<i>Pinus banksiana</i> Lamb – borovice banksovka	+++
<i>Pinus contorta</i> Dougl. – borovice pokroucená	+
<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i> S.Wats – borovice Murrayova	+
<i>Pinus jeffreyi</i> Balf – borovice jeffreyova	++
<i>Pinus mugo</i> var. <i>uncinata</i> Fenaroli – borovice blatka	+
<i>Pinus mugo</i> var. <i>mughus</i> Fenaroli – borovice blatka	++
<i>Pinus nigra</i> Arn – borovice černá	+
<i>Pinus ponderosa</i> Dougl – borovice žlutá	+
<i>Pinus sylvestris</i> L. – borovice lesní	++
<i>Pinus strobus</i> L – vejmutovka	++
<i>Pseudotsuga taxifolia</i> Britt – douglaska tisolistá	+
<i>Taxus baccata</i> L. – tis obecný	+

### 2) Listnaté

<i>Acer campestre</i> L – javor babyka	++
<i>Acer negundo</i> L – javor jasanolistý	++
<i>Acer platanoides</i> – javor mléč	+
<i>Acer pseudoplatanus</i> L – javor klen	+
<i>Aesculus hippocastanum</i> L – jírovec maďal.	++
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn – olše lepkavá	+
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench – olše šedá	+
<i>Alnus viridis</i> (Chaix) DC – olše zelená	++
<i>Amorpha fruticosa</i> L – netvařec křovitý	+
<i>Berberis vulgaris</i> L – dřívěš obecný	+++
<i>Betula papyrifera</i> Marsch – bříza papírovitá	++
<i>Betula pubescens</i> Ehrh – bříza pýřivá	+

<i>Betula verucosa</i> Ehrh – bříza bradavičnatá	+
<i>Caragana arborescens</i> Lam – čimišník obecný	+
<i>Carpinus betulus</i> L – habr obecný	+++
<i>Castanea sativa</i> Mill. – kaštanovník jedlý	++++
<i>Chaenomeles japonica</i> Lindl – kdoulovec japonský	++
<i>Cornus sanguinea</i> L – svída krvavá	+
<i>Corylus colurna</i> L – líska turecká	+
<i>Crataegus oxyacantha</i> L – hloh obecný	++
<i>Crataegus sobmollis</i> Sarg – hloh pýřitolistý	
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L – hlošina úzkolistá	+
<i>Elaeagnus comutata</i> Kott – hlošina širokolistá	+
<i>Euonymus europaea</i> L – brslen evropský	++
<i>Fagus silvatica</i> L – buk lesní	++++
<i>Forsythia viridissima</i> Lindl – zlatice nazelenalá	+
<i>Fraxinus americana</i> L – jasan americký	+++
<i>Fraxinus excelsior</i> L – jasan ztepilý	+++
<i>Fraxinus ornus</i> L – jasan zimnář	++
<i>Hippophae rhamnoides</i> – rakytník úzkolistý	+
<i>Juglans nigra</i> L – ořešák černý	++++
<i>Ligustrum vulgare</i> L – ptačí zob	++
<i>Lonicera tatarica</i> L – zimolez tatarský	+
<i>Physocarpus opulifolius</i> Maxim – tavola kalinolistá	++
<i>Platanus acerifolia</i> Willd. – platan javorolistý	++++
<i>Populus alba</i> L – topol linda	++
<i>Populus marilandica</i> Car – topol marilandika	+
<i>Populus balsamifera</i> L – topol balzámový	++
<i>Populus nigra</i> L – topol černý	++
<i>Populus Siminii</i> Car – topol Simonův	++
<i>Populus tremula</i> L – topol osika	+
<i>Populus trichocarpa</i> Torr. of Gray – topol západní balzámový	+
<i>Populus berolinensis</i> Kott – topol berlínský	++
<i>Populus virginiana</i> – topol viržinský	++
<i>Potentilla fruticosa</i> L – mochna křovitá	+++
<i>Prunus mahaleb</i> L – mahalebka	++
<i>Prunus padus</i> L – střemcha hroznovitá	+
<i>Pyracantha coccinea</i> Rocm – hlohyně ohnivá	++
<i>Quercus petraea</i> Liebl – dub zimní	++
<i>Quercus robur</i> L – dub letní	+
<i>Quercus rubra</i> L – dub červený	+
<i>Rhus hirta</i> L. – škumpa ocetná	++++
<i>Ribes alpinus</i> L – meruzalka alpská	++
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. – trnovník akát	+
<i>Salix caprea</i> L – vrba jíva	++
<i>Salix viminalis</i> L – vrba košíkářská	+

<i>Sambucus nigra L – bez černý</i>	+
<i>Sambucus racemosa L – bez červený</i>	++
<i>Sorbus aucuparia L – jeřáb ptačí</i>	++
<i>Spiraea salicifolia L – tavolník vrboolistý</i>	++
<i>Symphoricarpus albus Blacke – pámelník bílý</i>	++
<i>Tilia cordata Mill – lípa srdčitá</i>	++
<i>Ulmus carpinifolia Gled – jilm habrolistý</i>	++
<i>Ulmus scabra Mill – jilm drsný</i>	+
<i>Viburnum lantana L – tušalaj obecný</i>	+
<i>Viburnum populus L – kalina obecná</i>	+++

Tab.č.3: Rekultivační klasifikace dřevin a keřů (Dimitrovský, 1999)

Z této škály otestovaných dřevin vyplývá, že poměrně veliké množství dřevin a keřů splňuje všechny dané faktory a je vhodných pro rekultivační účely. Výjimku tvoří *jedle bělokorá*, *smrk sitka*, *kaštanovník jedlý*, *buk lesní*, *ořešák černý*, *platan javorolistý* a *škumpa ocetná*, které jsou pro rekultivaci přímo nevhodné. V případě zaměření se pouze na půdotvorné a půdoochráné hledisko (množství opadu listové hmoty, průběh rozkladných procesů organických látek apod.), pak nejvíce vyhovují *olše lepkavá*, *olše šedá* a kultivary topolů – *topol marilandika*, *topol berlínský*, *topol západní balzámový*.

Výzkum se také zabývá morfologií kořenových soustav u hlavních druhů listnatých a jehličnatých dřevin. V tomto případě bylo prokázáno mělké vertikální prokořenění profilů. Hlubší prokořenění a větší stabilita porostů byla prokázána pouze při pěstování jehličnanů ve směsi s listnáči (*dub*, *lípa*, *habr*, *olše*). Z toho vyplývá, že pěstováním uvedených listnáčů ve směsi s jehličnatými, se eliminuje pravděpodobnost vývrátů jehličnatých dřevin na jílovitých antropogenních půdách a zvýší se jejich stabilita (Dimitrovský, 1999).

Profesor Kupka (2011) při testování vybraných druhů pro lesnické rekultivace na Sokolovsku vychází z kritérií, kterým nejvíce vyhovují *olše lepkavá*, *olše šedá*, *bříza bradavičnatá*, *jeřáb ptačí*, *vrba lýkocová* (*Salix daphnoides*) a z introdukovaných dřevin *trnovník akát*. Kritériem je v tomto případě nenáročnost dřeviny na úpravu substrátu, tolerance ke klimatickým extrémům a velmi dobrá až výborná růstová kapacita. Tato kritéria dle autora totiž rozhodují o úspěšnosti dřeviny při jejím použití pro lesnickou rekultivaci na výsypkách. Antropogenní substráty na



výsypkách mají extrémní hodnoty pH a další specifické hydroopedologické vlastnosti, které se na přirozených stanovištích nevyskytují. Je proto obtížné například srovnávat vitalitu růstu dřeviny na takovéto antropogenní půdě s dřevinou rostoucí na obvyklém lesním stanovišti. K testování tedy byly použity experimentální a poloprovozní plochy doplněné o více jak třicetileté provozní zkušenosti s uplatněním jednotlivých dřevin na antropogenních substrátech Sokolovské uhelné pánve. Z výsledků je patrné, že ekologická amplituda řady dřevin je daleko širší, než je psáno v lesnické a dendrologické literatuře, která shrnuje zkušenosti s výsadbami dřevin na lesních půdách. Výsledky tohoto testování jsou zobrazeny v Tab.č.4.

Domácí dřeviny/ Domestic tree species	Nenáročná na úpravu substrátu/ Tolerant of poor substrate conditions	Náročná na úpravu substrátu/ Demanding good substrate conditions	Náročná na mikroklima/ Demanding good microclimatic conditions	Tolerantní k imisní zátěži/ Tolerant of air pollution	Vitalita růstu/Growth vitality			Vyžaduje biologickou při- pravu substrátu/ Biological reclamation needed
					malá/ poor	střední/ fair	výborná/ excellent	
<i>Acer pseudoplatanus</i>		/	/			/		
<i>Acer platanoides</i>		/	/			/		
<i>Alnus glutinosa</i>	/			/			/	
<i>Alnus incana</i>	/			/			/	
<i>Alnus alnobetula</i>	/			/		/		
<i>Betula pubescens</i>	/			/		/		
<i>Betula verrucosa</i>	/			/		/		
<i>Carpinus betulus</i>		/	/	/		/	/	
<i>Fagus silvatica</i>		/	/	/	/			
<i>Fraxinus ornus</i>		/	/		/		/	
<i>Larix decidua</i>	/	/	/			/		
<i>Pinus silvestris</i>		/	/			/		
<i>Populus alba</i>	/			/		/		
<i>Populus tremula</i>	/			/		/		
<i>Quercus petraea</i>		/	/			/	/	
<i>Quercus robur</i>		/	/		/		/	
<i>Salix daphnoides</i>	/			/		/		
<i>Salix repens</i>	/					/		
<i>Sorbus aucuparia</i>	/					/		
<i>Tilia cordata</i>	/		/			/	/	
<i>Ulmus glabra</i>		/	/			/	/	
<i>Ulmus carpiniifolia</i>		/	/	/		/	/	
<i>Ulmus laevis</i>		/	/			/	/	
Dřeviny cizího původu/ Exotic species								
<i>Acer negundo</i>	/			/		/		
<i>Aesculus hippocast.</i>		/	/	/	/			
<i>Ailanthus glandulosa</i>		/	/	/		/	/	
<i>Fraxinus americana</i>		/	/			/	/	
<i>Picea pungens</i>		/	/	/		/		
<i>Picea omorica</i>		/	/	/	/		/	
<i>Pinus contorta v. lat</i>	/		/	/		/		
<i>Pinus nigra</i>	/			/		/		
<i>Populus marilandica</i>								
<i>Populus trichocarpa</i>	/			/		/		
<i>Pseudotsuga taxofolia</i>		/	/			/		
<i>Quercus rubra</i>	/			/		/		
<i>Robinia pseudoacacia</i>	/			/		/		

Tab.č.4: Přehled testovaných dřevin na výsypkových stanovištích v oblasti Sokolovského revíru. Příslušnost dřeviny ke zkoumanému parametru je vyjádřena označením příslušného pole čárkou. (Kupka, 2011)

V podmínkách Mostecké pánve je rámcově uplatňován tento rozsah sortimentu:

- listnaté dřeviny – javor mléč, dub letní, jasan ztepilý, lípa srdčitá, jilm habrolistý, olše černá, olše šedá, habr obecný, topol osika, bříza bradavičnatá, jeřáb ptačí, javor babyka, třešeň ptáčnice (*Cerasus avium*), různé druhy vrb v zamokřených oblastech
- jehličnaté dřeviny – borovice lesní, modřín opadavý a doplňkově borovice černá
- keře – zimolez obecný (*Lonicera axylosteum*), ptačí zob obecný, líska obecná (*Corylus avellana*), kalina obecná, svída krvavá, trnka obecná (*Prunus spinosa*), růže šípková (*Rosa canina*), hloh obecný, hlošina úzkolistá, janovec metlatý (*Cytisus scoparius*), krušina olšová (*Rhamnus frangula*), pámelník bílý, čimšiň obecný, tušalaj obecný

(Štýs et al., 2014).

V přehledné Tab.č.5 je porovnání hodnocení vybraných druhů dřevin uplatňovaných na území Mostecké pánve dle Dimitrovského (1999) a Kupky (2011). Za povšimnutí stojí například javor mléč a dub letní, které jsou dle Dimitrovského (1999) velmi vhodné, zatímco Kupka (2011) je hodnotí jako dřeviny náročné na úpravu substrátu, náročné na mikroklima, netolerantní k imisní zátěži a se střední / malou vitalitou růstu.

Název dřeviny (latinský)	Název dřeviny (český)	Dimitrovský (1999)	Kupka (2011)						
		velmi vhodné + vhodné ++ méně vhodné +++ nevhodné ++++	Nenáročná na úpravu sub.	Náročná na úpravu sub.	Náročná na mikrokl.	Tolerantní k imisní zátěži	Vitalita růstu		
			malá	střední	výborná				
<i>Acer platanoides</i>	javor mléč	+	/	/	/	/	/	/	/
<i>Quercus robur</i>	dub letní	+	/	/	/	/	/	/	/
<i>Tilia cordata</i>	lípa srdčitá	++	/	/	/	/	/	/	/
<i>Alnus incana</i>	olše šedá	+	/	/	/	/	/	/	/
<i>Carpinus betulus</i>	habr obecný	+++	/	/	/	/	/	/	/
<i>Populus tremula</i>	topol osika	+	/	/	/	/	/	/	/
<i>Betula verrucosa</i>	bříza bradavičnatá	+	/	/	/	/	/	/	/
<i>Sorbus aucuparia</i>	jeřáb ptačí	++	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pinus Sylvestris</i>	borovice lesní	++	/	/	/	/	/	/	/
<i>Larix decidua</i>	modřín opadavý	+	/	/	/	/	/	/	/

Tab.č.5: Srovnání vhodnosti dřevin pro rekultivační účely (Dimitrovský, 1999; Kupka, 2011)

### **4.4.3 Zakládání porostů**

Zalesnění je vhodné provést ihned po ukončení nezbytných terénních úprav (planýrování, svahování, odvodnění), to znamená v období, kdy jsou výsypky prosté jakékoli buřeně. Nejvhodnějším obdobím se tak jeví jaro po roce, kdy byly tyto terénní úpravy provedeny. Výhoda tohoto období je ta, že vlivem zemních mrazů jsou skrývané nadložní horniny na povrchu výsypek dostatečně rozpadlé a tím i zároveň nakypřené. V případě zalesňování výsypek zabuřeněných jsou ztráty úhynem příliš vysoké, více jak 30 % v roce výsadby.

Velmi dobré výsledky, jak se v praxi ukázalo, vykazuje výsadba zdravých, silných dvou až tříletých prostokořenných sazenic. Obalový sadbový materiál je, vzhledem ke struktuře a textuře jílu cyprisové a vulkanodeterické série, to znamená velkému odporu při vertikálním a horizontálním prokořenění, nevhodný. Jeho výhodou je však prodloužená doba možné výsadby. Při výsadbě sadovnických pásů, případně při zakládání parků, je vhodné použít sadovnické odrostky. Spon výsadby není legislativně určen, avšak nejvíce se osvědčil spon obdélníkový 1 x 1,5 m a čtvercový 1 x 1 m.

Dle vlastností stanoviště lze porosty zakládat ve směsi dřevin hospodářských, pomocných a přípravných za předpokladu výchovné podpory dřevin hospodářských nebo jako porosty přípravné s následným převodem formou clonné, kotlíkové, klínové nebo pruhové obnovné seče. Na území Mostecké pánve je nejvíce rozšířen první způsob, na Sokolovsku byla naopak část porostů realizována druhým způsobem s následnými úspěšnými převody kotlíkovými, pruhovými, klínovými i clonnými sečemi (Kubát, 2010; Štýs et al., 2014).

## 5. Les a voda

Voda, jako součást biosféry, je podmiňujícím prvkem pro vznik a délku života rostlin svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. V podmínkách České republiky představuje voda v půdě asi 76 % celkových vodních zásob a jedná se o její nejvýznamnější zdroj. V porovnání voda povrchová v řekách a jezerech (nádržích) tvoří pouze 6 % z celkové kapacity a voda podzemní 18 % (Ulbrichová, 2005).

### 5.1 Atmosférické srážky

Srážky jsou hlavním zdrojem vody u nás a to platí i pro lesní ekosystémy. Podle skupenství se rozdělují na kapalné (déšť, rosa), tuhé (vločky, jíní) a smíšené. Svůj vznik mají uvnitř vzduchových hmot, nejčastěji oblaků typu *comulus*, a jde o přeháňky převážně doprovázené bouřkou, případně krupobitím, nebo se jedná o takzvané orografické srážky způsobené výstupem vzduchu v blízkosti velkých terénních překážek a spádem srážek na návětrné straně překážky či srážky frontální způsobené cyklonou. Dle délky svého trvání mohou být trvalé nebo ve formě přeháněk. Mohou být vertikální a horizontální. Vertikální sestávají z deště a sněhu a jsou příčinou kondenzace nebo sublimace vodní páry, která klesá na povrch gravitační silou. Kapky mají běžně velikost 0,5 – 5 mm, při mrholení pak o něco menší 0,05 – 0,2 mm. Naopak srážky horizontální vznikají tím, že slabá vrstva vzduchu, která přiléhá těsně k chladnému zemskému povrchu nebo povrchu rostlin a je nasycená vodní parou, se ochladí dotykem s těmito povrchy až na teplotu rosného bodu a dojde tak ke kondenzaci nadbytečné páry (Ulbrichová 2005; Soukupová, 2009).

### 5.2 Vodní bilance

Vodohospodářská funkce lesů je zde velmi důležitá a značně ovlivňuje vodní bilanci. Vodní bilance má tvar:

$$H = O + E + (Z_k - Z_z)$$

Kde: **H** – celkové srážky

**O** – odtok vody (povrchový, podpovrchový, podzemní do vodotečí nebo infiltrace do spodní vody)

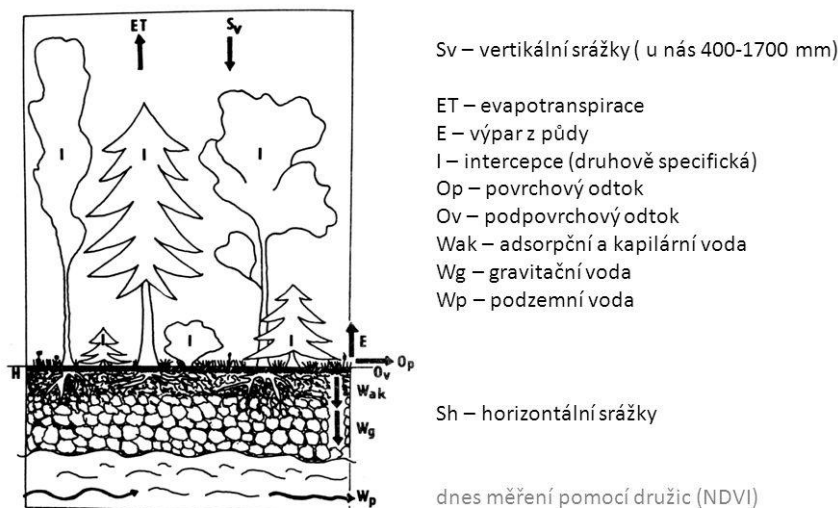
**E** – celkový výpar (z půdy nebo vodní hladiny, transpirace, intercepce)

**Zk – Zz** – změna zásoby vody v půdě (konečný stav – počáteční stav)

(Ulbrichová, 2005).

Vodní bilance je detailněji uvedena na Obr.č.7, přičemž výpar z korun stromů tvoří zhruba 20 – 40 %, vsak do půdy 5 – 20 %, odtok 0 – 20 % a výpar z povrchu půdy 2 – 20 % z celkově spadlých srážek (Evans, 2013).

### Vodní bilance stanoviště



Obr.č.7: Detailní schéma vodní bilance stanoviště  
(online: [www.slideplayer.cz](http://www.slideplayer.cz), staženo 25.3.2017)

Významným činitelem je zde intercepční kapacita vegetace, tedy schopnost zachytit na svém povrchu srážky. Je závislá na typu vegetace a rychlosti větru. Hodnota intercepce je podmíněna převážně strukturou porostu, charakterem vegetace (velikostí stromů a korun, věkem, hustotou a zapojením porostu), formou a velikostí listů včetně jejich povrchem. Hodnota této kapacity se nejčastěji pohybuje mezi 0,5 – 1,8 mm. Maximální intercepce dosahuje borovice zpravidla ve 40 letech svého věku, dub okolo 50 let věku a smrkové porosty pak kolem 60 let věku.

Evaporace, tedy výpar vody z povrchu půdy, je další složkou vodní bilance. Ovlivňují ji klimatické podmínky a půdní poměry, jako jsou vlhkost, intenzita vztlínání vody v půdě, reliéf, hloubka podzemní vody a také teplota, vítr a vlhkost vzduchu. V případě lesních porostů je značně ovlivněna vegetací, přesněji jejím složením, strukturou, zakmeněním a zápojem. Její podíl činí zhruba 10 % celkového výparu.

Až 60 % výdeje vody lesním ekosystémem tvoří transpirace. Transpirace je proces, při kterém dochází k výdeji vodní páry z povrchu rostlin. Rostliny vypaří až 98 % přijaté vody a pouhé 2 % zbylá procenta zadržují ve svých pletivech. Objem transpirace určují faktory, jako je druhové složení daného porostu, věk porostu, stáří transpirujících orgánů, struktura a tvar listů, obsah vody, stav kořenového systému, orientace porostu a dále teplota, vlhkost půdy, vlhkost vzduchu, sluneční záření, imise a vítr. Transpirace probíhá přes štěrbinu průduchů, kutinizovaným povrchem epidermis a přes kořenový systém.

Odtok vody je také součástí vodní bilance stanoviště a rozlišuje se na povrchový, soustředěný, hypodermický a podzemní. Povrchový odtok je nesoustředěně tekoucí po svahu s rychlostí 0,1 – 1,5 m/s, vzniká v případě, kdy je rychlost vsaku nižší než množství vody dopadající na půdní povrch. Soustředěný odtok působí v korytě a jeho rychlost bývá 2 – 4 m/s, závisí na sklonu dna a jeho drsnosti. Infiltrovaná voda do půdy, která před odtokem z povodí nedosáhla hladiny podzemní vody, se označuje jako hypodermický odtok. Poslední z možných odtoků je odtok podzemní, tedy půdou, jehož rychlost se pohybuje mezi 0,01 – 0,0001 m/s. Půda se v podmínkách lesa významně, na rozdíl od jiných ekosystémů, podílí na transformaci odtoku povrchového na podpovrchového (Ulbrichová, 2005).

### **5.3 Půdní voda**

Množství vody v půdě je určeno množstvím dopadajících srážek, hloubkou hladiny podzemní vody, fyzikálními vlastnostmi půdy a rostlinstvem, které jí pokrývá. Její obsah je výstupem procesů vstupu vody do ekosystému lesa a ztrát vody z něj. Půdní voda, jakožto hlavní a určující zdroj vody pro lesní rostliny, svým obsahem a dynamikou podmiňuje jejich život přímo (zdroj vody pro transpiraci a s tím spojené transportní procesy v systému půda – rostlina) a nepřímo (skrz mechanické, fyzikální, chemické a pedobiologické vlastnosti). Schopnost rostlin odčerpat vodu

z půdy je závislá především na vlastnostech půdy a je označována jako fyziologicky využitelná voda. Tyto vlastnosti určují její retenci a sílu jejího poutání půdními částicemi. Lesní půda má i další vlastnost, než je pouze retence vody, a tou je filtrace. Filtrací se mění kvalita vody, a to kvůli fyzikálně – chemickým vlastnostem, které půda má, a také kvůli interakcím s kořenovým systémem rostlin (Ulbrichová, 2005). Denní spotřeba vody na plošnou jednotku lesa v letním slunném dnu je patrna z Obr.č.8.

<b>bříza</b>	<b>4,0 – 4,7 mm,</b>
<b>modřín</b>	<b>4,5 – 6,1 mm,</b>
<b>borovice</b>	<b>2,3 – 2,5 mm,</b>
<b>smrk</b>	<b>4,3 – 4,4 mm,</b>
<b>douglaska</b>	<b>průměr 5,3 mm,</b>
<b>buk</b>	<b>2,0 – 3,8 mm,</b>
<b>borůvka</b>	<b>0,5 – 0,9 mm,</b>
<b>druhově bohatý pokryv bylin</b>	<b>průměr 0,7 mm,</b>
<b>třtina křovištní</b>	<b>6,8 – 8,8 mm.</b>

Obr.č.8: Denní spotřeba vody na plošnou jednotku lesa v letním slunném dnu  
(online: [http://www.pohoda.joste.cz/ii/pestovani/mat\\_nad/hydricka\\_f\\_lesu\\_2005-06.pdf](http://www.pohoda.joste.cz/ii/pestovani/mat_nad/hydricka_f_lesu_2005-06.pdf),  
staženo 26.03.2017)

## 6. Eroze

Erodere, tedy rozhlodávat, je slovo latinského původu a dalo za vznik pojmu eroze. Definice eroze říká, že se jedná o komplexní proces, který zahrnuje rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných částic půdy působením vody, ledu, větru a jiných takzvaných erozních činitelů. Eroze tedy způsobuje neustálý přesun půdních částic, kde na jedné straně dochází ke snižování zemského povrchu (degradaci) a na druhé zas naopak ke zvyšování hromaděním usazených hmot (agradaci). Tím dochází k postupnému zarovnávání zemského povrchu (planaci). Předpokladem planace je rozpojitelnost vyvýšených částí hornin, to však zajišťuje proces zvětrávání (Janeček, 2008).

Významný erodolog a průkopník v oboru H. H. Bennett (1939) erozi člení na normální, která je přirozená a zrychlenou, která má negativní dopad na životní

prostředí. Vliv na tuto zrychlenou erozi má lidská společnost svým neuváženým přetvářením krajiny a hospodařením na půdách, především zemědělských, kde dochází k tomuto jevu nejčastěji. Negativní dopad na životní prostředí spočívá ve zhoršování fyzikálně – chemických vlastností půd, snižování obsahu živin a humusu, znehodnocení či úplné ztráty nejurodnější části půdy, zvyšování šterkovitosti, poškozování plodin a díky transportu těchto půdních částic do vodních zdrojů, také jejich zanášení a znečištění. Svůj podíl má i na velkých povodňových průtocích, které stále nabývají na intenzitě. To platí především pro takzvanou vodní erozi, o které se, ve smyslu eroze, nejčastěji hovoří. Eroze může být ale i větrná, při které vlivem větru dochází k mechanickému obrušování půdního povrchu, odnášení půdních částic a jejich následnému uložení na jiné místo. To pak způsobuje škody, jako je odnos orníční vrstvy, zničení plodin, znečišťování toků a ovzduší. Dalším typem eroze je eroze glaciální a nivální, ty však jsou v našich podmínkách nevýznamné (Janeček, 2008).

## **6.1 Vodní eroze**

Jedná se o erozi způsobenou dešťovými kapkami, které rozrušují půdní povrch a jejich následným povrchovým odtokem. Půda může být erodována téměř stejnoměrně po dané ploše, tato eroze se nazývá plošná, nebo může být soustředěna do rýžek, pak se jedná o erozi proudovou či výmolnou. Malé jamky vznikající kapkovou erozí jsou první fází plošné eroze. Následuje pohyb srážkové vody po svahu dolů, kdy jsou vyplavovány velmi jemné půdní částice vlivem malé kinetické energie. To má značný selektivní efekt. Dochází k tvorbě hrubozrnné skeletovité vrstvy, jež má ochranný účinek před působením padajících kapek a smyvem. Koncentrováním odtoku vzniká rýžková eroze s hloubkou a šířkou několika centimetrů, ze které se postupným zesilováním odtoku mohou vytvořit erozní rýhy. Srážky nezpůsobují erozi pouze na zemském povrchu, ale také pod ním. Podpovrchový odtok podněcuje vnitropůdní erozi (Holý, 1994; Janeček, 2008). Zachar (1970) říká, že se jedná o mechanické vyplavování jemných, rozličně dispergovaných frakcí půdy gravitační vodou mezi agregáty přispívající ke skeletizaci půdy. Tunelová eroze je speciální formou této podzemní eroze. Spočívá ve vymílání podzemních chodeb vodou nad nepropustným podložím, ze kterých se později stávají otevřené erozní rýhy.



Účinky zrychlené eroze nelze podceňovat, přirozená tvorba půdy je velmi pomalý proces. Za asi 200 – 1000 let vznikne vrstva půdy mocná 2 – 3 centimetry, a to jen za velice příznivých podmínek, dobrém vegetačním pokryvu a vhodné půdní ochraně (Bennett, 1955). Naopak normální eroze je přirozený jev, při kterém se odnos půdy rovná nově vytvořené půdě zvětráváním. Za normální erozi se považuje ztráta  $0,75 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  za rok, s fluktuací  $0,25 - 1,25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  za rok. V případě půdy s mocnější půdní vrstvou (spraše), je akceptována ztráta větší (Zachar, 1970). Škodlivost odnosu půdy plošnou erozí je zobrazena v následující tabulce (Tab.č.6).

Stupeň	Intenzita odnosu půdy erozí (mm.rok <sup>-1</sup> )	Hodnocení eroze
1	do 0,05	nepatrná
2	0,05 – 0,5	slabá
3	0,5 - 1,5	střední
4	1,5 - 5,0	silná
5	5,0 – 20,0	velmi silná
6	nad 20,0	katastrofální

Tab.č.6: Klasifikace škodlivosti plošné eroze dle intenzity odnosu (Zachar, 1970)

## 6.2 Příčiny vodní eroze

Jak již bylo zmíněno, pojem eroze se nejčastěji používá v souvislosti se zemědělskou půdou. Ovlivňuje její produkční schopnost a tak i výnosy s tím spojené. Nicméně eroze se netýká pouze zemědělské půdy, ale může být přítomna i na jiném území, jako jsou například lesní porosty.

Geneze, průběh a intenzita eroze je ovlivněna kombinací přírodních a antropogenních podmínek. Tyto podmínky jsou:

- klimatické a hydrologické
  - nadmořská výška
  - zeměpisná poloha
  - teplota, oslunění, výpar, odtok
  - množství, rozdělení a intenzita srážek
  - síla větrů, výskyt a směr

- geologické a půdní
  - půdní druh a typ
  - povaha horninového substrátu
  - struktura, textura, zvrstvení, vlhkost půdy
  - obsah humusu
- morfologické
  - tvar, délka svahu
  - expozice, návětrnost
  - sklon
- vegetační
  - skladba dřevin
  - hustota a délka trvání pokryvu
- metoda obhospodařování

(Janeček, 2008).

Na lesních půdách je nejčastěji pozorovatelná introskeletová eroze. Ta se definuje jako postupné, převážně vertikální propadávání a proplavování anorganických a organických částic půdy skeletem do spodin pláště (Šach, 1990; MZe, 1994). Jsou jí ohroženy především silně skeletnaté a balvanité lokality na horských svazích kyselých až intermediálních vyvěřelinách s kvádrou odlučností (granodiority, žuly, diority, syenity). Z půdních typů a subtypů pak na litozemích a rankerech (Souček et al., 2010). K erozi většinou dochází působením těžké techniky při těžbě dříví na půdní povrch, špatně navrženou cestní sítí, holosečí způsobující rozpad humusové vrstvy a také nevhodně vybranými druhy dřevin. Každá dřevina má totiž jiné vlastnosti z hlediska schopnosti působit vodozadržně a protierozivně. Les, jež vznikl lesnickou rekultivací výsypkových těles založených při velkolomové těžbě, má jiné vlastnosti nežli les vzniklý přirozeně. Kvůli specifickým podmínkám výsypkových těles (viz kapitola 3.5 – Výsypky) je důležité vysázet právě ty dřeviny, které mají dobrou vodozadržnou a protierozivní funkci.

### 6.3 Vodní eroze a její následky

Eroze mění fyzikální a chemické vlastnosti půdy, zhoršuje její strukturu, snižuje mocnost a propustnost půdy a umožňuje ztrátu organické hmoty.

Přeměna fyzikálních vlastností spočívá ve změně struktury, textury, vodní kapacity, objemové hmotnosti, infiltrační schopnosti, pórovitosti a hloubky pro vývoj kořenů. Změny jsou jak kvantitativní, tak i mezi vzájemnými vztahy půdních vlastností.

Oslabení struktury agregátů vlivem dešťových kapek je nižší na půdách stabilizovaných humusem, nežli jílem. Toto oslabení je důsledkem eroze povrchového horizontu. Ačkoliv se oslabení nemusí zdát příliš veliké, i tak má značný vliv na vodní režim půd a s tím související vztahy dalších půdních vlastností.

Změnou struktury agregátů dochází ke snižování mocnosti původního přirozeného horizontu. To má neblahý vliv na objem vody zastoupený v půdě.

Nastává snižování propustnosti pórů, provzdušenosti, infiltrační schopnosti a zvyšuje se objemová hmotnost. Zesiluje se tak tendence k tvrdnutí a zhutňování půdy. Zhutňování snižuje pórovitost a zvyšuje objemovou hmotnost, tvrdnutí se týká hlavně půd s vyšším obsahem jílu podporujícího vznik anaerobního prostředí.

Je zde i přeměna chemických vlastností půdy, která se odráží v úbytku organické hmoty, humusu a minerálních látek. Všechny tyto změny mají kvantitativní vliv i na biotickou složku půdy, jako jsou mikroorganismy, které v půdě žijí.

Síly jsou přeneseny erozními činiteli na částice půdy a mají destrukční a zhutňující účinek. Při destrukčním účinku dochází k vytrhování půdních částic ze zemského povrchu dešťovými kapkami a následnému vystřelování až 0,6 m vysoko nebo přemístění do stran ve vzdálenosti až 1,5 m. Zhutňující účinek způsobují též dešťové kapky a jeho následkem je tvorba škraloupu na zemském povrchu. Ten se tvoří ucpáváním pórů částicemi jílu uvolňovanými z rozpadajících se půdních agregátů. Škraloup snižuje infiltrační kapacitu půdy zhruba o 90 % a tím podporuje rychlý vznik povrchového odtoku s erozním účinkem. Tento odtok se začne soustřeďovat do vzniklých sítí rýžek a odtokových drah a nese s sebou množství půdních částic. Jeho kinetická energie a tangenciální napětí se zvětšují, což přispívá k eroznímu účinku a transportní schopnosti odtoku. Tím dochází k transportu půdních částic a látek v půdě obsažených (Janeček, 2008).

## 6.4 Metody výzkumu eroze

Ohroženost pozemků vodní erozí se počítá různými způsoby, nejčastěji je ale používána takzvaná univerzální rovnice, která nejdokonaleji vyjadřuje kvantitativní účinek hlavních faktorů, které jí ovlivňují. Rovnice vyjadřuje dlouhodobou ztrátu půdy z pozemků a má tvar:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Kde: G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy ( $t \cdot ha^{-1}$  za rok)

K – faktor erozní účinnosti deště

L – faktor délky svahu

S – faktor sklonu svahu

C – faktor ochranného vlivu vegetace

P – faktor účinnosti protierozních opatření

(Wischmeier et Smith, 1978; Chao Yuan et al. 2002)

Pokud vypočtená průměrná dlouhodobá ztráta půdy překročí hodnotu přípustné ztráty, která je u mělkých půd (do 30 cm)  $1 t \cdot ha^{-1}$  za rok, u středně hlubokých půd (30 – 60 cm)  $4 t \cdot ha^{-1}$  za rok a u hlubokých půd (nad 60 cm)  $10 t \cdot ha^{-1}$  za rok, je pozemek nedostatečně chráněn před erozí (Janeček, 2008).

V případě rýhové eroze se její intenzita může vyjadřovat délkou, respektive hustotou rýh v  $km \cdot km^{-2}$ .

Je ale také možné zkoumat následky eroze jako je ztráta půdy či množství sedimentu. K tomu jsou nejčastěji používány odtokové parcelky, simulátory deště nebo reduktory.

### Odtokové (erozní) parcelky

Jsou to elementární, jasně vymezené, svažité plochy zachycující povrchově odtékající vodu a smytou zeminu. Pro výzkum eroze na zemědělských půdách se pro tento účel používají parcely s šířkou 2 – 4 m a délkou 20 – 40 m. Parcely jsou vzájemně odděleny svislými pásy z plechu, plastu nebo zatravněnými hrázkami. Součástí parcel jsou i žlaby, které zachycují povrchový odtok a sedimentační nádrže o objemu asi  $1 m^3$  (Janeček, 2008). Pokud se jedná například o lesní pozemek,

parcelky se mohou upravit pro potřeby daného zkoumaného území. Na Obr.č.9 je vyfocena odtoková mikroparcelka se záchytnou nádobou.



Obr.č.9: Odtoková mikroparcelka se záchytnou nádobou  
(online: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2011/018.PDF>, staženo 30.3.2017)

### **Simulátory deště**

Přesným nástrojem pro výzkum eroze jsou simulátory deště, které aplikují vodu ve formě podobné přirozenému dešti na požadovanou plochu. Simulátory mají několik výhod. Jsou přenosné, účinné, přesné, lehce ovladatelné, přizpůsobivé a měření s nimi je rychlé. Jejich nevýhodou je však skutečnost, že nemohou plně nahradit erozní vliv přirozených srážek. Dle Bubenžera (1979) se simulátory dělí na kapkovací a tryskové.

Kapkovací simulátory vytvářejí kapky pomocí trubiček, vláken a jehel. Elementární kapkovací simulátor vypouští kapku za kapkou na jediný půdní agregát, dokud se nerozpadne. Výsledkem je počet kapek potřebných k rozpadu tohoto agregátu.

K tvorbě kapek se používá tlaková voda či přetlak prostřednictvím konstatní výtokové hladiny nad výtokovými trubicemi. Nevýhoda spočívá v homogenosti kapek a jejich nízké kinetické energii, které tak neodpovídají kapkám při přirozených srážkách. Jsou vhodné spíše pro menší testované plochy, pro ty větší se více hodí tryskové simulátory.

Tryskové simulátory mají výhodu v rozdělení kapek, které se blíží rozsahem velikosti k přirozenému dešti (0 – 7 mm). U trysek se sleduje dopadová rychlost

kapek. To je důvod, proč se nejčastěji trysky umísťují svisle k půdnímu povrchu a výchozí úst'ová rychlost kapek z trysek se přičítá k letové rychlosti kapek. Aby byl déšť co nejvíce podobný tomu přirozenému, trysky mají kývavý pohyb nebo se používají obvodové kolektory, které jímají část vystřikovaného paprsku. Podmínkou však je dostatečný tlak na trysce, který by měl přeměnit proudění v postřik tvořící kapky srovnatelné s přirozenými srážkami. Základními údaji u simulátorů deště jsou rozdělení velikosti kapek, jejich konečná rychlost a intenzita deště. Dle velikosti simulátory mohou být přenosné a převozní (Obr.č.10).

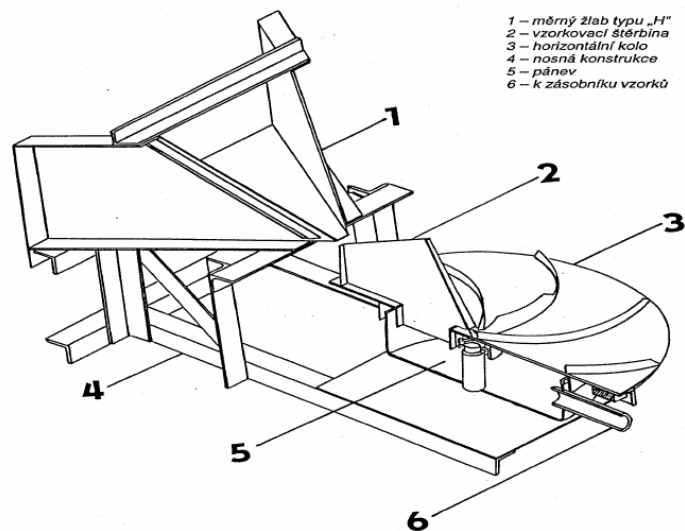
(Janeček, 2008).



Obr.č.10: Přenosný a převozný simulátor deště  
(online: [www.vumop.cz](http://www.vumop.cz), [www.biom.cz](http://www.biom.cz), staženo 31.3.2017)

### **Reduktor “Coshocton“**

V případě velkých ploch, u kterých nelze zachytit všechnu odtékající vodu, se v USA využívá tohoto přístroje k odběru vzorků vody. Zjišťují se jím ztráty půdních částic, jakost a objem odtékající vody. Přístroj dělí vodu tekoucí ze zájmové plochy na dvě části. Větší objem vody odtéká pryč a menší je zachytáván v zásobníku. Princip je takový, že vytékající voda ze žlabu proudí na horizontální kolo, ve kterém je úzká štěrbinou. Touto štěrbinou se při každém otočení kola odebírá vodní vzorek z proudu vody tekoucí ze žlabu. Ten pokračuje přes desku kola do sběrné pánve a poté do zásobníku skrz potrubí (Janeček, 2008). Přístroj je patrný z Obr.č.11.



Obr.č.11: Vzorkovací zařízení “Coshocton“  
(Janeček, 2008)

## 7. Vybrané hydrofyzikální vlastnosti půd

### 7.1 Infiltrace

Infiltrace neboli vsak vody do půdy je součástí koloběhu vody a její znalost je velmi důležitá. Jedná se o specifický případ neustáleného proudění v nenasyceném prostředí. Dle infiltrace se dá určit kondice celého půdního profilu a hospodaření půdy s vodou. Závisí na počáteční půdní vlhkosti, struktuře půdního povrchu, výskytu brzdících vrstev v profilu, hydraulické vodivosti a době trvání. Rychlost infiltrace se dá určit dle základního vzorce:

$$v = dQ / F dt$$

Kde: Q – objem infiltrující vody (m<sup>3</sup>)

F – plocha půdy, na které probíhá infiltrace (m<sup>2</sup>)

t – čas (s)

Celkové množství vody infiltrované do půdy za daný čas (kumulativní infiltrace) se pak vypočte ze vzorce:

$$i = Q / F \text{ (m)}$$

(Mašíček et al, 2011; ČPS, 2017).

Při terénních měřeních infiltrace válcovými infiltrometry a následně laboratorních analýzách na výsypkových tělesech území Chomutovska bylo zjištěno, že na rozdíl

od přirozeně rostlých půd je infiltrační schopnost zemin výsypek složených z jílu (kompaktní jíly, jíly lístkovitě zpevněné, jíly šedé, jílovité břidlice) funkcí struktury a nikoli jen zrnitostního složení. Z výsledků vsakovacích měření rychlostí po jedné a dvou hodinách i celkového vsaku je možné spatřit určitý vliv zrnitostního složení na infiltrační intenzitu pouze u povrchových vrstev rodících se profilů půdy na některých starých lesnický nevhodně rekultivovaných výsypkách a středně starých zemědělsky rekultivovaných výsypkách, kde došlo k výrazné elementarizaci jílových částic na výsypkovém povrchu (více jak 60 % frakce menší než 0,002 mm). Infiltrační koeficient u nevětralých jílu se pohybuje mezi 0,13 – 0,15 mm za minutu. Bylo též zjištěno, že intenzita infiltrace závisí na stupni mikro- a makroagregace jílu o různém zrnitostním složení. Infiltrace u šedých jílu byla vysoká jen v případě lesnických rekultivací. Kaoliniticko-illitické jíly jsou dle měření z hlediska infiltrační schopnosti vhodné, na rozdíl od jílu illiticko-kaolinitických. Prokázána byla i tendence růstu infiltrační schopnosti s růstem množství illitu v jílu. Dále byla pozornost věnována půdám vzniklým na substrátech spraší, svahových a sprašových hlín. Výsledek říká, že tyto půdy, které prošly intenzivní rekultivací (například meliorační osevní postup), disponují příznivou infiltrační schopností. Naopak nejnižší infiltrační schopnost byla zaznamenána na kuřavkových píscích, které jsou málo obdělávány (Dimitrovský, 2009; Vráblíková et al., 2009).

Díky rozdílné intenzitě zvětrávání v podpovrchových a povrchových vrstvách se infiltrace, zejména u jílu, pod vrstvou do 20 cm u většiny výsypkových profilů zvyšuje.

Výsypkové zeminy lze klasifikovat dle intenzity infiltrace ( $\text{mm} \cdot \text{hod}^{-1}$ ):

- < 1 extrémně malá
- 10 – 1 malá
- 50 – 10 střední
- 100 – 50 středně výrazná
- 200 – 100 výrazná
- 500 – 200 velmi výrazná
- > 500 extrémně výrazná

Infiltrační schopnost je dána i způsobem rekultivace daného území. Nejvyšší je při lesnických rekultivacích, dále ovocnářských a poté zemědělských rekultivacích.



Na základě znalosti infiltrace zájmového území se dá zvolit vhodné zastoupení rostlin, které by přispívaly k vyššímu vsaku vody do půdy a zadržování vody v půdě s postupným uvolňováním. Tím by se snížilo riziko negativního působení vodní eroze a zlepšily se tak půdní vlastnosti (Dimitrovský, 2009; Vráblíková et al., 2009).

## 7.2 Hydrofobicita

Půdní hydrofobicita, tedy vodoodpudivost, redukuje afinitu půdy vůči molekulám vody. Silně hydrofobní půdy tak odolávají smáčení na dobu po několik sekund až hodin, dnů či týdnů. Její vznik je podmíněný přítomností hydrofobních látek ve formě povlaků na částicích půdy. Tyto povlaky vytvářejí takzvanou vodní klec na půdních agregátech, jež brání infiltraci vody do částic půdy (Obr.č.12).



Obr.č.12: Ovlivnění sorpčních schopností půdního prostředí půdní hydrofobicitou  
(online:www.web2.mendelu.cz, staženo 2.4.2017)

Půdní potenciál pro přijímání molekul vody silně ovlivňuje obsah hydrofilních a hydrofobních látek v půdě. To má dopad na stabilitu půdních agregátů, množství vody obsažené v půdě a též vyplavování živin z půdy (Mendelu, 2017). Půdy s hydrofobní vlastností mají tendenci k rezistenci nebo snížení vodní infiltrace a tím zvýšení povrchového odtoku, který zvyšuje erozní potenciál (Brandt, 1969). Často vysychající půdy a půdy s vysokým obsahem organických látek jsou častěji náchylné k repelenci vody. Vysychání snižuje schopnost půdy zadržovat vodu tím, že zvyšuje pohyb organických rozpuštěných látek na půdním povrchu a pokud je dosaženo kritického stavu vody, repelentní bariéra může omezit rychlost a kapacitu absorpce

vody (Wallis et Horne, 1992; Risema et Dekker, 1996; Hallet, 2007). Půdní hydrofobicita také může být způsobena mikrobiální aktivitou, růstem určitých druhů rostlin, organickým materiálem, půdními charakteristikami nebo například vlivem živelných katastrof, jako jsou požáry (Doerr et al., 2000; Malkinson et Wittenberg, 2011).

Jedná se o jednu z nejdůležitějších hydrofyzikálních vlastností, která má značný vliv na eko-hydrologické procesy půdních ekosystémů. Stále se opakující a prodlužující periody sucha přispívají k jejímu vzniku a stávají se tak závažným tématem pro řadu odborníků.

### **7.3 Vlhkost**

Z pedologického hlediska se termínem půdní vlhkost vyjadřují vlhkostní charakteristiky jako polní vodní kapacita, bod vadnutí a bod snížení dostupnosti vody. Naopak z agrometeorologického hlediska je půdní vlhkost chápána jako obsah vody v půdě (pórech). Existují dva nejdůležitější způsoby vyjádření vlhkosti, objemová vlhkost a vlhkost hmotnostní.

#### **Objemová vlhkost**

Vyjadřuje se jako poměr objemu vody k celkovému objemu půdy. Vzorec vypadá následovně:

$$\theta = \frac{V_w}{V} (\cdot 100\%)$$

Kde:  $V_w$  – objem vody v půdě ( $m^3$ )

$V$  – objem půdy ( $m^3$ )

#### **Hmotnostní vlhkost**

Vyjadřuje se jako poměr hmotnosti vody k hmotnosti tuhé fáze půdy. Vzorec vypadá následovně:

$$w = \frac{m_w}{m_z} (\cdot 100\%)$$

Kde:  $m_w$  – hmotnost vody (g)

$m_z$  – hmotnost vysušeného vzorku při 105°C (g)

Pro přepočet vlhkosti objemové a hmotnostní se užívá vzorce:

$$\theta = w \cdot \rho_d / \rho_w$$

Kde:  $\rho_d$  – objemová hmotnost půdy

$\rho_w$  – objemová hmotnost vody = 1

(Litschmann, 2010).

Půdní vlhkost je z vlastností půdy nejvíce ovlivněna pórovitostí půdy, obsahem humusu a texturou půdy. Se zvyšující se vlhkostí půdy při nezměněné pórovitosti klesá půdní provzdušnění. Vedle okamžitého stavu obsahu vody je také možné pro danou půdu určit charakteristické hodnoty vlhkosti neboli půdní hydrolimity. Jsou to hraniční hodnoty vlhkosti, kterými jsou odděleny jednotlivé kategorie vody v půdním prostředí. Tyto hranice mezi kategoriemi přecházejí v určitém intervalu vlhkosti. Hydrolimity mohou být základní a aplikované.

#### Základní půdní hydrolimity

*Adsorpční vodní kapacita* – Jedná se o maximální množství vody poutané adsorpčními silami. Nachází se na rozmezí mezi vodou adsorpční a těžce pohyblivou kapilární vodou.

*Retenční vodní kapacita* – Je to maximální množství vody, které je půda po nadměrném zavlažení schopna zadržet vlastními silami v téměř rovnovážném stavu. Leží v rozmezí mezi gravitační a kapilární vodou.

*Lentokapilární bod* – Tento bod se prostírá mezi lehce a těžce pohyblivou kapilární vodou. Vznikají prstence na styku částic půdy a voda tak zůstává v těch nejjemnějších kapilárách. Klesá pohyblivost půdní vody a tedy i přítok vody ke kořenům.

## Aplikované půdní hydrolimity

*Plná vodní kapacita* – Jedná se o stav vlhkosti, kdy jsou všechny póry nasycené vodou.

*Polní vodní kapacita* – Je to kvazistacionární stav vlhkosti přirozeného půdního profilu při umělém nasycení půdy vodou. Odtéká tak z půdního profilu pouze voda gravitační.

*Maximální vodní kapacita* – Stanovuje hodnotu maximálního nasycení kapilárních půdních pórů.

*Bod snížené dostupnosti* – Je shodný s lentokapilárním bodem.

*Bod vadnutí* – Mez, kdy je půdní vlhkost tak nízká, že rostliny vadnou.

(Jandák et al., 2007).

Půdní vlhkost se může měřit přímo, kdy se měří hmotnostní nebo objemová vlhkost z odebraného vzorku zeminy anebo nepřímo pomocí různých přístrojů. K tomu slouží například elektrody měřící elektrický odpor, reflektoměry zaznamenávající rychlost postupu elektromagnetického pulzu podél vodiče uloženého v půdě či elektromagnetické snímače VIRRIB, které měří vlhkost pomocí elektromagnetického signálu transmisní fázovou metodou.

### **7.4 Objemová hmotnost**

Objemová hmotnost je definována jako hmotnost 1 cm<sup>3</sup> půdy v přirozeném stavu včetně momentální koncentrace plynné a kapalné fáze v makropórech, pórech kapilárních a ultrakapilárních. Pro lesní stanoviště je její hodnota velmi významná. Projevuje se ve čtyřech směrech:

1. Ovlivňování půdní aerace
2. Ovlivňování půdní konzistence
3. Ovlivňování diferenciačních půdních procesů
4. Ovlivňování obsahu a forem půdní vody

Také je možné určit objemovou hmotnost redukovanou. Jedná se o hmotnost 1 cm<sup>3</sup> půdy, která je vysušena do konstantní hmotnosti. Je to veličina, která se používá pro výpočet pórovitosti půdy.

Obě tyto objemové hmotnosti se odvíjí od:

- tvaru a způsobu uložení primárních a sekundárních strukturních prvků
- obsahu humusu
- podílu kapilárních pórů na dané půdní pórovitosti
- měrné hmotnosti horninotvorných minerálů, které tvoří minerální podíl daného půdního horizontu

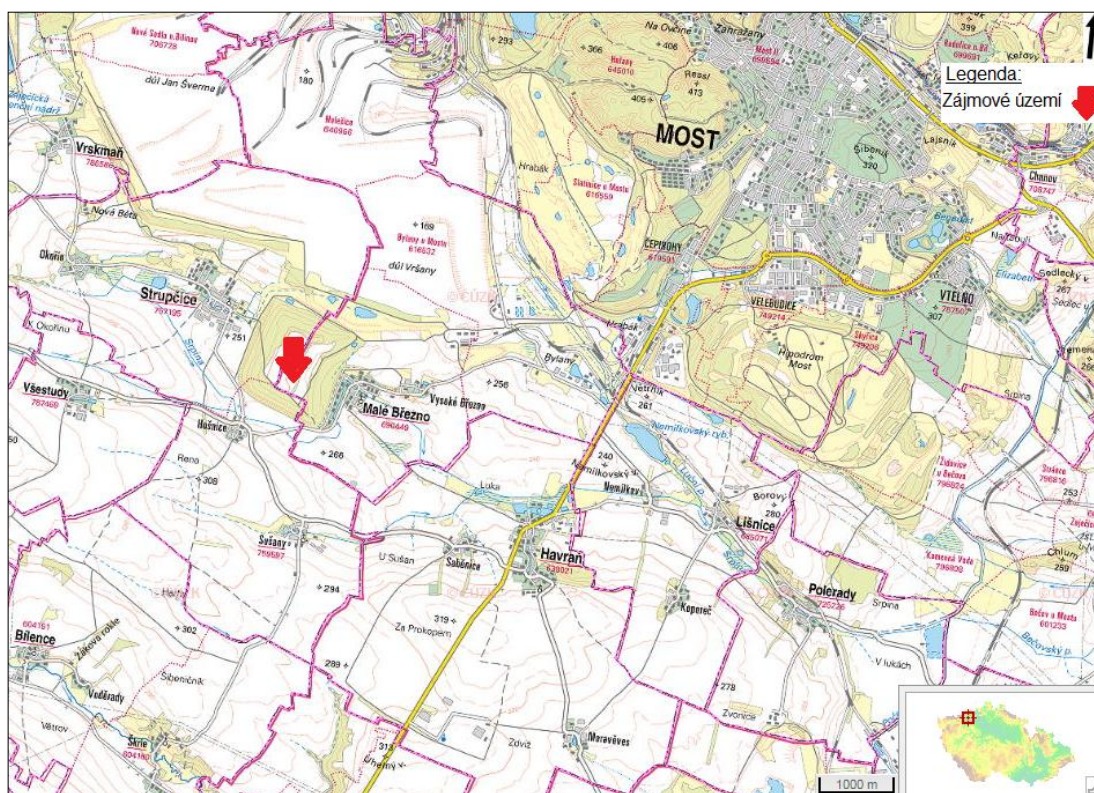
Objemové hmotnosti se měří z odebraných půdních vzorků pomocí Kopeckého válečků. Výsledné hodnoty jsou závislé na vlhkostních poměrech (Rejšek, 1999).

## 8. Charakteristika zájmového území

Lokalitou, kde probíhalo hlavní měření, je výsypka Malé Březno. Na Radovesické výsypce pak byly měřeny pro dva vybrané druhy dřevin pouze vybrané hydrofyzikální vlastnosti půdy a intercepce porostů.

### 8.1 Výsypka Malé Březno

Území výsypky se nachází v Ústeckém kraji, okrese Most, mezi obcemi Malé Březno, Vysoké Březno, Hošnice a Strupčice (Obr.č.13).



Obr.č.13: Zobrazení zájmového území na mapě ČR ([www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz), staženo 20.3.2017)

Roku 1983 došlo na vnější výsypce Slatinice lomu Vršany k havarijnímu sesuvu půdy. Aby byla zajištěna kontinuální těžba, byla založena roku 1984 vnější výsypka Malé Březno. Výsypka byla vybudována třemi etážemi a při dodržení generelu sklonu svahů a dalších podmínek činila její celková kapacita 47,5 mil. m<sup>3</sup> rostlé zeminy a zhruba 2,5 mil. m<sup>3</sup> zúrodnitelných zemin. Sypání výsypkových hmot bylo

ukončeno v lednu roku 1992. Její vrchol převyšuje okolní terén o zhruba 45 m a leží v nadmořské výšce 310 m n. m. Celková rozloha činí zhruba 2 km<sup>2</sup> (Pletichová et al., 2012).

### **8.1.1 Klimatické poměry**

Území výsypky patří dle klimatických podmínek do oblasti mírně teplé, mírně suché až suché. Je vyznačováno dlouhým, teplým a suchým létem, mírně teplým až teplým jarem a podzimem a mírnou až převážně mírnou zimou s krátkým trváním sněhového pokryvu. Dle nejbližší meteorologické stanice Kopisty u Mostu (240 m n. m.), je průměrná roční teplota 9,1 °C. Nejteplejším obdobím je červen až srpen s teplotami 17,2 – 19,2 °C a naopak nejchladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou -0,7 °C.

Oblast se nachází na území srážkového stínu Krušných hor. Roční úhrny srážek průměrně dosahují množství 460 mm za rok, maximálně však 695 mm a minimálně 284 mm za rok. Dlouhodobý průměr nejnižších měsíčních srážek (21,3 – 26,0 mm) připadá na měsíce únor, březen a duben. Oproti tomu měsíce červen, červenec a srpen se řadí k měsícům s nejvyššími měsíčními průměrnými srážkami (54,3 – 62,1).

Průměrná relativní vlhkost dosahuje hodnoty 76 %. Minimální dlouhodobý průměr 68 % se řadí do období květen až červen, maximální 87 % pak na prosinec.

Vegetační období pro danou oblast je dlouhé 156 – 160 dnů a směr převládajících větrů je severozápadní (Pletichová et al., 2012; AV ČR – UFA, 2017).

V příloze č. 7 jsou zaznamenány podrobné klimatické podmínky pro měsíce srpen až listopad minulého roku, kdy probíhalo měření pro tuto práci.

### **8.1.2 Geologické poměry**

Území leží na demarkaci mostecké a žatecké části severočeské hnědouhelné pánve. Pánev je charakteristická štěpením hnědouhelné sloje a přítomností hrubších písčitých klastik ve vrstevních sledech. Oblast výsypky je budována miocénními sedimenty žatecké delty. K povrchu zde ponejvíce vybíhají sedimenty slojového souvrství, jež je rozděleno do několika slojových a mezislojových vrstevních souborů. Jedná se o výchozové partie rozštěpené uhelné sloje. Tyto sloje jsou tvořeny jíly s proměnlivým obsahem zuhelnatělých rostlinných zbytků, uhelnatými

jíly až jílovitým uhlím. Sedimenty s vyšším obsahem uhelných substancí jsou ve výchozových partiích proměněny v oxyhumolit. Mezihožní vrstvy obsahují především jíly, občas také se zvýšeným obsahem organické substance nebo písku.

Bezprostřední podložka výsypky je tvořena kvartérním pokryvem o průměrné mocnosti 2 m, který překrývá výchozy uhelných slojí a mezislojových vrstev. Pokryv převážně tvoří sprašové hlíny. Ty jsou vápnité a písčité. Údolní nivu bývalého toku Srpina vyplňují splachové a soliflukční hlíny, ve kterých se vyskytují písčité příměsi s jemnou až hrubou frakcí. Výjimečně také štěrk a valounky. Nejsvrchnější vrstva kvartérního pokryvu je tvořena orniční vrstvou či humusovou hlínou s mocností 0,2 – 0,8 m.

Samotné těleso výsypky je tvořeno jíly, písčitými jíly, jílovitými písky, písky a směrem do hloubky jílovcí a hrubozrnnými pískovci (ČGS, 2017; Pletichová et al., 2012).

### **8.1.3 Hydrologické poměry**

Území výsypky se nachází v bývalém korytě potoka Srpiny, který byl pro účely výsypky přeložen do uměle vybudovaného koryta mimo tuto výsypku. Pod výsypkou byl realizován drenážní systém, který byl vybudován před zahájením sypání výsypky. Do sběrného drénu, zbudovaného v bývalém korytě Srpiny, byly zaústěny svodné drény. Svodné drény měly za úkol postihovat místa s občasnou vodotečí, mokřiny, výrazné terénní deprese a při patě výsypky také místa s možným průsakem z okolí. Vyústění hlavního drénu do jímky čerpací stanice Malé Březno bylo ve východní části výsypkového tělesa, odkud byla voda přečerpávána do nového koryta Srpiny. V roce 2005 byl provoz čerpací stanice zastaven a bylo vybudováno gravitační odvodnění návodní strany výsypky prostřednictvím realizace nového koryta Srpiny, které prochází hlubokým zářezem terénu.

Ze západní části temena výsypky jsou odvodňovací příkopy svedeny do poldru, který byl vybudován v jihozápadní části výsypky pro zachycování přívalových vod. Z východní části náhorní plošiny jsou k retenci na severovýchodní část svedeny povrchové vody prostřednictvím odvodňovacích kanálů. Jedná se o jedinou retenci povrchové vody, která se na výsypce nachází. Díky způsobu založení, tvaru výsypky a nízkému úhrnu srážek se na ploše výsypky nevyskytují větší zvodněné plochy ve vyšších etážích. Předpokládá se, že propustnost povrchu výsypky je minimální a



nedochází tak k průsaku vody do hlubších míst. Vegetace je tedy závislá pouze na atmosférických srážkách.

I přes všechna odvodňovací opatření dochází k zamokření pozemků u západní paty výsypky. Je to způsobeno z největší části soustředěvanými srážkami z okolí, včetně přilehlého svahu výsypky (Pletichová et al., 2012).

#### **8.1.4 Rekultivace**

Rekultivace proběhly ve čtyřech etapách, kde v každé z nich byl nejprve upraven terén svahů do sklonu 1:4, bylo vybudováno odvodnění a také obslužná komunikace. Poté byla provedena sadba dřevin do sponu 1,5 x 1,3 m. V poslední etapě byly rekultivovány poslední svahy výsypky a na náhorní plošinu byla navezena ornice pro rekultivaci zemědělskou. Z celkové rekultivované plochy 210 ha tvoří většinu rekultivace lesnická s návozem kůrového substrátu pro mulčování kolem sazenic a zlepšení půdních poměrů. Pěstební péče byla dokončena roku 2007 (Vopravil et al., 2014).

## 8.2 Výsypka Radovesice

Tato vnější výsypka se nachází v Ústeckém kraji, okrese Teplice. Leží mezi městem Bílina a obcemi Štrbice, Kostomlaty pod Milešovkou a Štěpánov (Obr.č.14).



Obr.č.14: Zobrazení zájmového území na mapě ČR ([www.geoportal.gov.cz](http://www.geoportal.gov.cz), staženo 20.3.2017)

Výsypka byla založena roku 1969 přesypáním údolí Lukovského potoka nad Bezovkou. Její rozloha činí téměř 15 km<sup>2</sup> a obsahuje zhruba 680 mil. m<sup>3</sup> skrvkových hmot. Roku 2003 došlo k ukončení sypání výsypkových hmot. Rekultivační činnost bude ukončena roku 2024.

### 8.2.1 Klimatické poměry

Jelikož se území Radovesické výsypky nachází v blízké vzdálenosti výsypky Malé Březno a meteorologická stanice Kopisty u Mostu je ve stejné vzdálenosti od obou míst, platí pro Radovesickou výsypku stejné klimatické poměry, které jsou popsány v kapitole 8.1.1.

### 8.2.2 Geologické poměry

Několik menších těles uvnitř prostoru výsypky a především prostor kolem území výsypky tvoří vulkanické horniny (počátek v oligocénu). Ty obsahují zástupce živců a mají alkalický charakter. Nachází se zde vyvřeliny čedičového i trachytového typu a zároveň vyvřeliny přechodné (tefrit, leucit, bazanit, trachyt, znělec, sodalitový andezit, trachybazalt). Sedimenty z období miocénu jsou patrné pouze na severozápadním území. Na vulkanickou sérii nasedá slojové pásmo, na jehož bázi se nachází souvrství světlešedých pevných podložních jílu. Hnědouhelná sloj, která je nad nimi vyvinuta, je charakteristická pro nekvalitní jílovité uhlí. Nadloží je tvořeno střídavě jílovito-písčitymi polohami. Kvartérní pokryv je velmi pestrý a s různou mocností. Sedimenty z tohoto období jsou tvořeny svahovými hlínami a holocenními náplavy v údolí bývalého Lukovského potoka. Kvartérní pokryv tvoří též sprašové hlíny, čedičové a fonolitové sutě.

Těleso výsypky obsahuje převážně svrchní písčitojílovité vrstvy tvořené prachovitými až písčitymi jíly a písky. Ty nejsou však pro rekultivační účely příliš vhodné. Ve svrchním horizontu výsypky se objevuje písčité jílovec, šedý jílovec, písek, prachovitý uhel, jílovec a slín (Jedlička, 1966; Pletichová et Žižka, 2011).

### 8.2.3 Hydrologické poměry

Vodní režim výsypky je ovlivňován úhrnem atmosférických srážek, jejich časovém rozložení a výkyvy. Je nutné počítat s dvou až tří měsíčním zpožděním mezi množstvím spadlých srážek a jejich případným projevem ve výsypkovém tělese. To je způsobeno omezenou propustností geologického prostředí. Jedná se o čas, kdy voda prosákne tělesem zemního masivu k případné ploše svahového porušení, tedy místu s projevy nestability.

K odvodnění slouží štola pod výsypkou a recipienty, jedná se o Štrbický potok, potok Syčivka, štola pod Radovesickou výsypkou a příkop Jirásek. Na rozdíl od výsypky Malé Březno je zde několik vodních ploch. Většina z nich vznikla plánovitě, některé však zatopením depresí při rekultivační činnosti (Pletichová et Žižka, 2011).

#### **8.2.4 Rekultivace**

Na Radovesické výsypce jsou realizovány všechny způsoby rekultivací. Velký podíl ale mají rekultivace lesnické. Dřeviny byly sázeny ve sponu 1,5 x 1 m s úmyslem cílových dřevin jako je dub, lípa, javor, borovice a modřín. Rekultivační cykly jsou tříleté a minimálně tři. Před koncem rekultivace se provádí prořezávka.

Pro rekultivační účely povrch výsypky tvoří slíny  
(Tomáš Hamerník, 2016, in verb.).

### **9. Metodika**

Cílem této práce je porovnání vlivu vybraných druhů dřevin používaných při lesnických rekultivacích výsypek na vodní erozi a některé hydrofyzikální vlastnosti půd. Aby mohly být dřeviny porovnány, bylo potřeba zvolit vhodné lokality jejich výskytu a následně provést měření. Lokality byly zvoleny tak, aby pro každý druh dřeviny platily stejné parametry území. Mezi parametry patřil především shodný sklon svahu, stejné zastoupení zemin, stejné klimatické a hydrologické podmínky a také, aby dřeviny byly ve stejném věkovém stádiu. Těmto parametrům odpovídala výsypka Malé Březno, na které bylo zvoleno celkem osm lokalit s nejčastěji používanými druhy dřevin k rekultivačním účelům. Na těchto lokalitách bylo provedeno hlavní měření. Dále byly zvoleny další dvě lokality na Radovesické výsypce, které též odpovídaly parametrům a nacházely se na nich zástupci dalších dvou významných druhů používaných k rekultivačním účelům, které nebyly na výsypce Malé Březno zpozorovány. Na zvolených lokalitách bylo nejprve potřeba provést terénní měření a následně vzorky zpracovat i laboratorně. Metodika je tedy rozdělena na část terénní a laboratorní.

## 9.1 Terénní část

### 9.1.1 Zájmové území – výsypka Malé Březno

Nejdříve bylo potřeba zvolit vhodné lokality se zástupci často používaných dřevin k rekultivačním účelům se stejným sklonem svahu (16 %). Sklon byl měřen pomocí vodováhy a metru. Vybrány byly zástupci čtyř druhů dřevin a ke každému zástupci dvě lokality jejich výskytu. Na každé lokalitě byly instalovány erozní parcelky a srážkoměry, odebrány vzorky půdy, změřena infiltrace a odebráno spadané listí.

#### Eroze

Pro zjištění vlivu jednotlivých dřevin na vodní erozi byly použity erozní parcelky. Tyto parcelky byly instalovány z důvodu zjištění skutečného odnosu sedimentu. Parcelky měly rozměr 1 x 1 m a na spodní straně vždy byla zhotovena erozní jáma k zachycení sedimentu. Tato jáma měla délku 1 m, šířku 0,25 m a hloubku 0,14 m. Její prostor vyplňovalo bavlněné plátno. Plátno bylo zvoleno kvůli své vodopropustnosti a schopnosti sediment zachytit.

Instalace proběhla dne 1.8.2016, tedy na vrcholu vegetační sezóny a sediment zde byl zachycován až do 26.10.2016. Před ukončením měření byla z parcelky sesbírána pokrývka spadlého listí pro účely odhadu intercepce dané dřeviny. Parcelky byly následně zlikvidovány a sediment s prostěradly převezen do laboratoře k jeho vážení.

Poznámka: Pro určení velikosti vodní eroze byl také použit simulátor deště. Při měření však bohužel docházelo k nežádoucímu protékání destilované vody mimo požadovaná místa. Náchylnost lokalit k vodní erozi budu tedy hodnotit pouze z dat získaných při měření pomocí pláten a reálných atmosférických srážek.

#### Hydrofyzikální vlastnosti půd

Pro výzkum vlivu vybraných druhů dřevin na hydrofyzikální vlastnosti půdy byly odebrány neporušené půdní vzorky. Odběr proběhl pomocí Kopeckého válečku o objemu 100 cm<sup>3</sup> (celkem 64 odebraných válečků) v blízkosti erozních parcelky a srážkoměrů.

Váleček byl s velkou opatrností rovněž zatlačen do půdy ostrým břitem dolů tak, aby nedošlo k jejímu rozrušení. V případě, že nebylo možné váleček zatlačit rukou, byla použita gumová palička. Následně byla odstraněna okolní zemina a pomocí lopatky byl váleček vyrýpnut. Přebytná zemina byla seříznuta ostrým nožem pomocí krouživých pohybů od středu válečku k jeho okraji. Na váleček byly nasazeny víčka, poté byl pomocí gumičky zajištěn a zabalen do polyetylénového sáčku a opatřen nápisem.

Celkem 40 půdních vzorků bylo odebráno v průběhu doby aplikace erozních parcelek a srážkoměrů a sloužilo primárně k vyhodnocení půdní hydrofobicity. Dalších 24 půdních vzorků bylo zajištěno při konečné likvidaci těchto parcelek a srážkoměrů. Důvodem bylo zjištění půdní vlhkosti a objemové hmotnosti jednotlivých lokalit na konci terénního měření.

### **Infiltrace**

Dle infiltrace se dá určit kondice celého půdního profilu a hospodaření půdy s vodou.

Ačkoliv měření infiltrace pomocí Kopeckého válečků není metodou příliš používanou, na rozdíl od metody dvouválcové, pro toto měření byla použita. Důvodem byla především úspora času pro tolik provedených měření.

Kopeckého váleček o objemu  $100 \text{ cm}^3$  byl ostrou hranou zatlačen po 1 cm do půdního povrchu a naplněn destilovanou vodou. Destilovaná voda byla použita kvůli absenci příměsí a rozpuštěných látek, které by mohly mít do určité míry vliv na výsledek. Po naplnění válečku vodou byl měřen čas vsaku. Tento čas byl zapsán a do válečku byla opět nalita voda. Celkem byla voda doplněna do každého válečku třikrát. Válečků na jednu lokalitu bylo vždy pět. Každý z válečků byl umístěn na jiné místo, avšak stále v rámci dané lokality. Měření bylo provedeno pro všechny lokality na výsypce Malé Březno. Po změření časů infiltrace byly válečky odstraněny a data byla počítačově zpracována.

Poznámka: Toto měření uskutečnila Tereza Strelcová v rámci své bakalářské práce.

## **Doplňující měření**

### **Srážkoměry**

Srážkoměry slouží k zachycení množství spadlých atmosférických srážek. Údaje o srážkách byly potřeba k zaznamenání množství spadlých srážek na parcelku a také k odhadu intercepce dané dřeviny. K jejich výrobě byly použity PET lahve. Vrchní část lahve byla oddělena a zasunuta zpět do lahve hrdlem dolů. Tím se mohou atmosférické srážky dobře zachytit a zároveň dochází jen minimálně k jejich evaporaci. Lahve byly připevněny na dřevěné kolíky a umístěny v místě erozních parcelek. Celkově na každou lokalitu připadaly čtyři srážkoměry.

Období jejich instalace bylo stejné jako u erozních parcelek, tedy 1.8.2016. Vzhledem k jejich menšímu objemu, bylo nutné je po nějaké době vylít, zapsat objem zachycené vody a provést znovu instalaci. Jejich konečná likvidace proběhla dne 26.10.2016 po zaznamenání naměřeného objemu.

### **Vybrané lokality**

#### **Lokalita č.1**

Tato lokalita (Obr.č.15) je stanovištěm *dubu červeného* (*Quercus rubra L.*). Tato dřevina je u nás nepůvodní, dorůstá výšky 20 – 30 m a je opadavá. Délka listů je většinou 10 – 25 cm a šířka zhruba 10 cm. Ve své domovině (východní část Severní Ameriky) roste v listnatých a smíšených lesích mírného pásu. Dřevina je odolná vůči znečištění ovzduší exhaláty (Hoskovec, 2007).





Obr.č.15: Lokalita č.1. Na levé fotografii je lokalita na začátku měření a na pravé na konci měření.

### Lokalita č.2

Na této lokalitě (Obr.č.16) se nachází *dub letní (Quercus Robur L.)*. Jedná se o dřevinu přirozeně se vyskytující v Evropě, Malé Asii a na Kavkaze. Je to dřevina opadavá dosahující výšky až 40 m. Ačkoliv roste velmi pomalu, je velice dlouhověká. Roste v lesích listnatých a smíšených. Preferuje světlá a teplá stanoviště a je náchylná k podzimním mrazům (Mižík, 2008).



Obr.č.16: Lokalita č.2. Na levé fotografii je lokalita na začátku měření a na pravé na konci měření.



### Lokalita č.3

Dřevinou, vyskytující se na této lokalitě (Obr.č.17), je *modřín opadavý* (*Larix decidua Mill.*). Původně byla tato dřevina rozšířena v Alpách, Karpatech, Polsku a u nás ve východní oblasti Hrubého Jeseníku. Dřevina dorůstá výšky 20 – 50 m, je jehličnatá a opadavá. Jejím stanovištěm jsou světlé lesy. Preferuje hlubší zásadité půdy, ale dokáže růst i na půdách kamenitých (Rak, 2007).



Obr.č.17: Lokalita č.3. Na levé fotografii je lokalita na začátku měření a na pravé na konci měření.

### Lokalita č.4

Tato lokalita je opět stanovištěm *modřínu opadavého*. Lokalita na začátku měření a jeho konci je zobrazena na následujícím obrázku (Obr.č.18).



Obr.č.18: Lokalita č.4. Na levé fotografii je lokalita na začátku měření a na pravé na konci měření.

### Lokalita č.5

Dřevinou rostoucí na této lokalitě je opět *dub letní*. Lokalita je zobrazena na Obr.č.19.



Obr.č.19: Lokalita č.5. Na levé fotografii je lokalita na začátku měření a na pravé na konci měření.

### Lokalita č.6

Tato lokalita (Obr.č.20) je charakteristická *lípou srdčitou* (*Tilia cordata Mill.*), která zde roste. Stanovištěm této dřeviny je téměř celá Evropa, u nás roste od nížin po



pahorkatiny. Dorůstá výšky až 30 m a je opadavá. Vyskytuje se ve smíšených lužních či dubohabrových lesích. Roste na půdách vlhčích, humózních, propustných a nesnáší půdy velmi kyselé. Preferuje slunná až polostinná stanoviště s čistým ovzduším (Krása, 2007).



Obr.č.20: Lokalita č.6. Na levé fotografii je lokalita na začátku měření a na pravé na konci měření.

#### Lokalita č.7

Na této lokalitě opět roste *lípa srdčitá*. Lokalita je zobrazena na Obr.č.21.



Obr.č.21: Lokalita č.7. Na levé fotografii je lokalita na začátku měření a na pravé na konci měření.

## Lokalita č.8

Stanovištěm této lokality je *dub červený*. Lokalita je zobrazena na Obr.č.22.



Obr.č.22: Lokalita č.8. Na levé fotografii je lokalita na začátku měření a na pravé na konci měření.

Poloha lokalit je zobrazena v příloze č.8.

### **9.1.2 Zájmové území – výsypka Radovesice**

Na této výsypce byl pro dva vybrané druhy dřevin měřen pouze jejich vliv na hydrofyzikální vlastnosti půdy a intercepce porostu. Byly vybrány vhodné lokality, opět se sklonem svahu 16%. Sklon byl měřen pomocí vodováhy a metru. Byly zde nainstalovány srážkoměry, odebrány půdní vzorky pomocí Kopeckého válečků (16 vzorků) a následně sebrána pokrývka listů na ploše 1 x 1 m pod danou dřevinou. Postup jednotlivých měření je stejný jako u výsypky Malé Březno. Poloha lokalit je zobrazena v příloze č.9.

## Lokalita č.9

Dřevinou rostoucí na této lokalitě (Obr.č.23) je *borovice lesní* (*Pinus sylvestris L.*). Tato borovice má největší areál rozšíření ze stromovitých dřevin. Roste na severní polokouli, na severu až po polární kruh a na jihu zhruba po 45° severní šířky. U nás je rozšířena po celém území až do výšek 1070 m n.m. Je to vždyzelená jehličnatá



dřevina dorůstající výšky 40 m a dožívající se až 350 let. Řadí se mezi pionýrské dřeviny, roste na písčítých, kamenitých, vápnitých, chudých a rašelinných půdách. Je silně světlo milná (Leugnerová, 2007).



Obr.č.23: Lokalita č.9. Na levé fotografii je lokalita na začátku měření a na pravé na konci měření

### Lokalita č.10

Tato lokalita je charakteristická pro růst *javoru klenu* (*Acer Pseudoplatanus L.*) na tomto území. Dřevina se vyskytuje v celé Evropě, původně však byla rozšířena pouze ve vyšších polohách střední Evropy. U nás roste na celém území, především ve vyšších polohách. Dorůstá do výšky i více jak 30 m a dožívá se zhruba 400 let. Jeho primární růst je na humózních půdách v suťových lesích, na svazích hlubších stinných údolí, bučinách a některých smrcinách. Druhotně se vyskytuje skoro všude (Krása, 2007). Lokalita je patrna z Obr.č.24.



Obr.č.24: Lokalita č.10. Na levé fotografii je lokalita na začátku měření a na pravé na konci měření

## 9.2 Laboratorní část

Sediment z erozních parcelek, vzorky neporušených půd a listová pokrývka z jednotlivých lokalit byly převezeny do laboratoře FŽP na České zemědělské univerzitě k jejich dalšímu zpracování.

K vážení byla použita analytická váha s přesností  $\pm 0,001$  g.

### 9.2.1 Eroze

Bavlněná plátna, která vyplňovala prostor erozní jámy a zachycovala sediment z erozních parcelek, byla usušena v laboratorní sušárně při  $60^{\circ}\text{C}$ . Po vysušení byl sediment ručně a následně pomocí síta oddělen od organického materiálu (listí, větve, plody,...atd.). Takto čistý sediment byl zvážen a jeho hmotnost byla zaznamenána do tabulky. Tento postup byl proveden pro všechny lokality, na nichž byly instalovány erozní parcelky. Na následujícím obrázku je patrný postup (Obr.č.25).



Obr.č. 25: Čištění a vážení sedimentu

### 9.2.2 Hydrofyzikální vlastnosti půd

Celkem bylo odebráno z lokalit na výsypce Malé Březno 64 půdních vzorků. Z toho 40 vzorků bylo podrobeno zkoušce hydrofobicity (5 vzorků pro každou lokalitu) a 24 vzorků bylo testováno na půdní vlhkost a objemovou hmotnost (3 vzorky pro každou lokalitu). Z lokalit na Radovesické výsypce bylo odebráno celkem 16 vzorků. Z nich 10 sloužilo pro určení hydrofobicity půdy a 6 pro určení půdní vlhkosti a objemové hmotnosti. Vzorky určené pro zkoušku hydrofobicity byly odebrány v blízkém okolí erozních parcel. Aby bylo dosaženo větší pravděpodobnosti, že dané vzorky odpovídají půdě vně erozních parcel, bylo odebráno více vzorků nežli v případě vzorků určených pro zjištění půdní vlhkosti, které byly odebrány přímo v erozních parcelkách.

#### **Půdní hydrofobicita**

Každý vzorek půdy odebraný pomocí Kopecského válečku byl vložen do laboratorní sušárny a vysušen do konstantní hmotnosti při 60 °C. Po vychladnutí byl přemístěn na pracovní stůl, kde byl podroben zkoušce hydrofobicity. Pomocí skleněné pipety bylo odebráno malé množství destilované vody a tato voda byla dávkována v malých kapkách na půdní povrch uvnitř Kopecského válečku (Obr.č.26). Na každý půdní povrch vzorku bylo nakapáno 5 kapek (každá na jiné místo) a pomocí sekundových hodin byl měřen čas vsaku. Tento čas vsaku pro každou kapku byl písemně zaznamenán.



Obr.č.26: Zkouška hydrofobicity půdního vzorku

### **Půdní vlhkost**

Určení půdní vlhkosti u odebraných vzorků muselo být provedeno co nejdříve po jejich odběru, aby se zamezilo ovlivnění hodnot výparem. Každý vzorek byl nejprve zvážen a poté umístěn do laboratorní sušárny. Zde byl vysušen do konstantní hmotnosti. Po vychladnutí byl vzorek opět zvážen a jeho hmotnost byla zapsána. Výpočet vlhkosti byl proveden vzorcem pro vlhkost hmotnostní, tedy:

$$w = m_w / m_z \cdot 100 \quad (\%)$$

Kde:  $m_w$  – hmotnost vody (g)

$m_z$  – hmotnost vysušeného vzorku (g)

### **Objemová hmotnost**

Z odebraných vzorků pro určení půdní vlhkosti byla určena též objemová hmotnost. Objemová hmotnost byla následně vypočtena ze vzorce:

$$\rho_w = (b - a) / V \quad (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$$

Kde:  $b$  – hmotnost válečku s neporušeným vzorkem v původním stavu (g)

$a$  – hmotnost válečku (g)

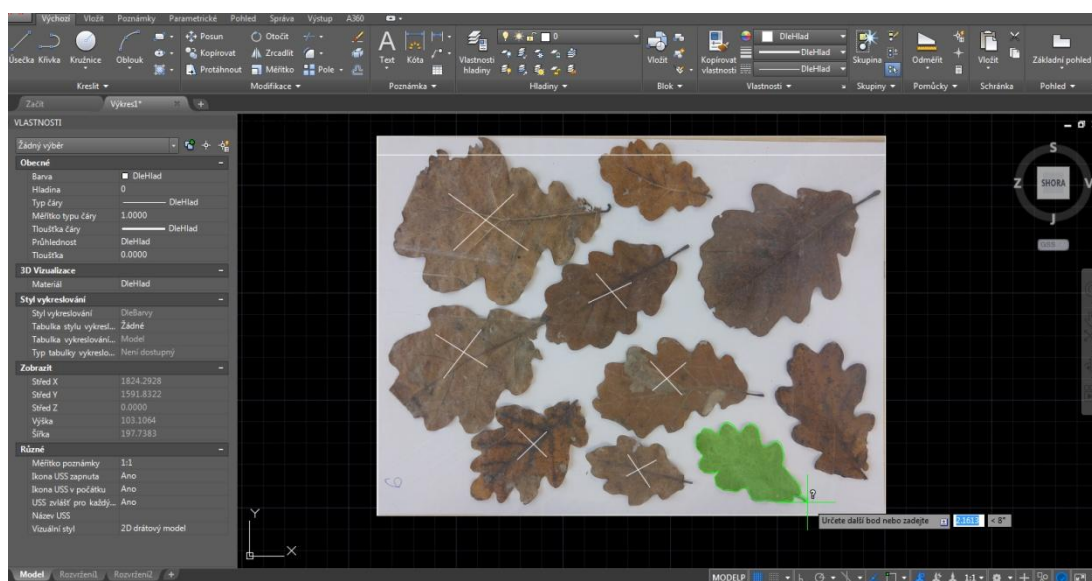
$V$  – objem vzorku ( $\text{cm}^3$ )



## 9.2.3 Doplnující měření

### Intercepční kapacita dřeviny

Kromě zachycení atmosférických srážek pomocí srážkoměrů byla k odhadu intercepční kapacity dřeviny nad erozní parcelkou (v případě lokalit na výsypce Malé Březno) a studijní parcelkou o rozměru 1 x 1 m (v případě Radovesické výsypky) též použita metoda výpočtu plochy listů. Listy byly odebrány po jejich opadu na parcelku a vysušeny v laboratorní sušárně. Po vysušení bylo od každého druhu dřeviny odejmuto několik zástupců listů o průměrných velikostech, zváženo a vyfoceno. Focení listů probíhalo na papíře o velikosti A4 a každý druh dřeviny byl focen samostatně. Následně byly tyto listy vráceny zpět k ostatním z dané parcelky a byla zvážena jejich celková hmotnost. Fotografie listů byly vloženy do programu AutoCAD, kde byla spočtena jejich plocha (Obr.č.27). Aby mohla být vypočtena celková plocha listů nad danou parcelkou, byla celková hmotnost spadlých listů vydělena hmotností listů focených na papíře A4 a to celé bylo vynásobeno plochou listů focených na papíře A4. Toto měření bylo provedeno pro všechny druhy dřevin kromě *modřínu opadavého* a *borovice lesní*, u kterých by toto měření vzhledem k druhu olistění (jehličí) nemělo význam.



Obr.č.27: Měření plochy listů v programu AutoCAD

## Uhlík

Půdní organická hmota představuje všechny živé a uhynulé půdní organismy. Zdroji této hmoty jsou odumřelé zbytky rostlinného i živočišného původu, kořenový opad rostlin, kořenové exudáty a další organické materiály. Obsah organické hmoty v půdě ovlivňuje biologické, chemické a fyzikální procesy. S tím souvisí i vodní infiltrační kapacita půdy, půdní vlhkost a tedy i povrchový odtok a eroze. Pro pochopení souvislostí mezi naměřenými hodnotami byl tedy změřen i obsah uhlíku v půdních vzorcích.

Po změření půdní hydrofobicity a vlhkosti bylo ze tří vzorků půdy pro každou lokalitu odebráno malé množství půdy. Tato půda byla prosáta jemným sítem a vyhodnocena přístrojem Primacs SNC (Obr.č.28). Princip byl takový, že do nádoby otočného portu byl nasypán malý vzorek této půdy a zvážen na analytické váze, která je součástí přístroje. Po zvážení se vzorek zasunul zpět do otočného portu přístroje a po provedení vysokoteplotního katalytického spálení byl vyhodnocen obsah celkového uhlíku. Tento proces se ovládá přes počítač, který je součástí přístroje. V zájmu přehlednosti je dobré vzorky pojmenovat, aby při čtení výsledků nedošlo k omylu.



Obr.č.28: Měření na přístroji Primacs SNC

## 10. Výsledky

### 10.1 Eroze

Pomocí erozních parcelek byl zjišťován skutečný odnos sedimentu na jednotlivých lokalitách o různém druhovém složení dřevin. Po laboratorním vážení hmotností byly získány tyto hodnoty (Tab.č.7):

LOKALITA	POROST	HMOTNOST SEDIMENTU (g)	Ø HMOTNOST SEDIMENTU (g)
1	<i>dub červený</i>	47,822	
8	<i>dub červený</i>	180,200	<b>114,011</b>
2	<i>dub letní</i>	130,861	
5	<i>dub letní</i>	345,316	<b>238,089</b>
3	<i>modřín opadavý</i>	66,351	
4	<i>modřín opadavý</i>	57,454	<b>61,903</b>
6	<i>lípa srdčitá</i>	61,541	
7	<i>lípa srdčitá</i>	36,306	<b>48,924</b>

Tab.č.7: Hmotnost sedimentu z jednotlivých lokalit

Na základě těchto hodnot byl vytvořen následující obrázek pro lepší grafické znázornění daných výsledků (Obr.č.29).



Obr.č.29: Porovnání průměrného množství sedimentu pro jednotlivé dřeviny

Jak z výsledků vyplývá, největší množství sedimentu bylo zaznamenáno na lokalitách *dubu letního*. Jeho množství oproti *lípě srdčité* bylo až téměř pětinasobné. Jednotlivé dřeviny měly stejné podmínky pro svůj růst a i sklon svahu byl u všech lokalit stejný. Dalo by se říci, že největší vliv na erozi z těchto vybraných druhů dřevin mají *duby*. Dle vlivu vybraných druhů dřevin na vodní erozi po tomto měření je pořadí následující: *dub letní*, *dub červený*, *modřín opadavý* a *lípa srdčitá*.

Je však zajímavé, že u obou *dubů* byla na jedné lokalitě vždy naměřena značně nižší hodnota než na lokalitě druhé. Je možné, že je to způsobeno *jasanem ztepilým*, který se v blízkosti vyskytoval a mohl tak svými spadenými listy do zájmové parcelky tento odtok ovlivnit. Nicméně i v případě, že by na konečné množství sedimentu u *dubu letního* měl tento *jasan* vliv, jeho hodnota by byla stále největší.

Výsledné hodnoty jsou však pro stejné dřeviny na různých lokalitách více rozdílné, než bylo očekáváno. Do budoucna by bylo tedy vhodné provést měření na více lokalitách, aby výsledné hodnoty lépe reflektovaly skutečný vliv těchto dřevin na vodní erozi.

## 10.2 Hydrofyzikální vlastnosti půd

Ke zjištění vlivu dřevin na vybrané hydrofyzikální vlastnosti půd byly odebrány půdní vzorky pomocí Kopeckého válečků a laboratorně zpracovány. Jednotlivé výsledky analýz jsou uvedeny níže.

Pro lepší přehlednost bylo vytvořeno značení jednotlivých dřevin a jejich lokalit, zde je souhrnná tabulka (Tab.č.8):

LOKALITA	NÁZEV DŘEVINY	ZNAČKA
1	dub červený	DČJ
2	dub letní	DLJ
3	modřín opadavý	M1
4	modřín opadavý	M2
5	dub letní	DL
6	lípa srdčitá	LS1
7	lípa srdčitá	LS2
8	dub červený	DČ
9	borovice lesní	Bor
10	javor klen	Jav

Tab.č.8: Přehled označení lokalit a k nim přiřazených značek dřevin

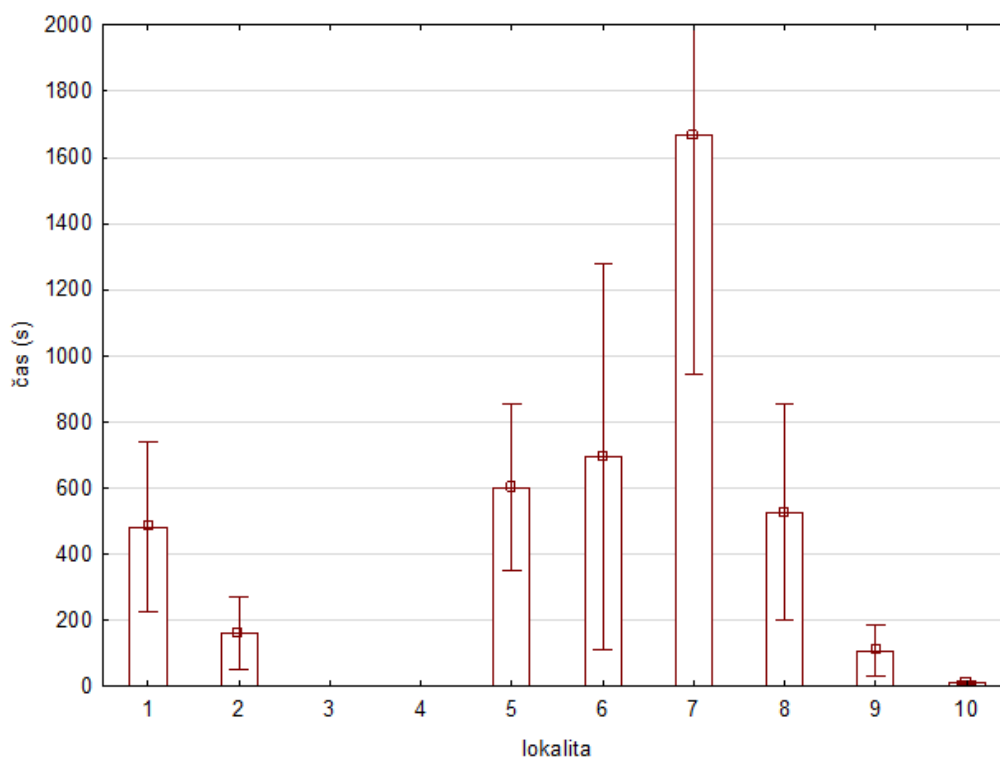
### 10.2.1 Hydrofobicita

Půdní hydrofobicita byla měřena na vysušených půdních vzorcích pomocí pipety, destilované vody a měřidla času. Tabulky s výslednými hodnotami jsou kvůli velkému obsahu dat připojeny v příloze č.1. Zde jsou zobrazeny dřeviny a jejich průměrná doba vsaku (Tab.č.9):

VYHODNOCENÍ	
DŘEVINA	DOBA VSAKU
<i>modřín opadavý</i>	0:58:26
<i>lípa srdčitá</i>	0:19:01
<i>dub červený</i>	0:08:24
<i>dub letní</i>	0:06:21
<i>borovice lesní</i>	0:01:46
<i>javor klen</i>	0:00:10

Tab.č.9: Průměrné hodnoty vsaku jednotlivých dřevin

Nejvíce hydrofobní půda byla zaznamenána v porostu *modřínu opadavého*. V některých případech se kapka vsákla až po dvou hodinách. Oba *duby* měly čas pro vsak vody velmi podobný. Nejkratší čas vsaku, tedy nejmenší půdní hydrofobicita, byla zjištěna u *javoru klenu*. Naměřené hodnoty byly vyhodnoceny v programu STATISTICA metodou ANOVA. Kvůli velkému množství dat bylo nutné výsledné hodnoty jednotlivých naměřených dat zprůměrovat pro každý půdní vzorek a až poté tyto průměrné hodnoty zanesť do grafu. Bohužel veliké odchylky ovlivňují vypočtený průměr, a tak graf nevychází tak signifikantně jako v případě, kdyby se počítalo s jednotlivými měřeními zvlášť (Obr.č.30).



Obr.č.30: Půdní hydrofobicita. Chybové úsečky zobrazují standardní chybu průměru.

(Current effect:  $F(9, 40)=1,2726$ ,  $p=,28150$ )

## 10.2.2 Vlhkost

Hmotnost vysušeného půdního vzorku byla odečtena od hmotnosti vzorku vlhkého. Vypočtený rozdíl těchto hodnot značí množství vody obsažené v tomto vzorku. Tato hmotnost vody byla následně vydělena hmotností vysušeného vzorku a výsledná

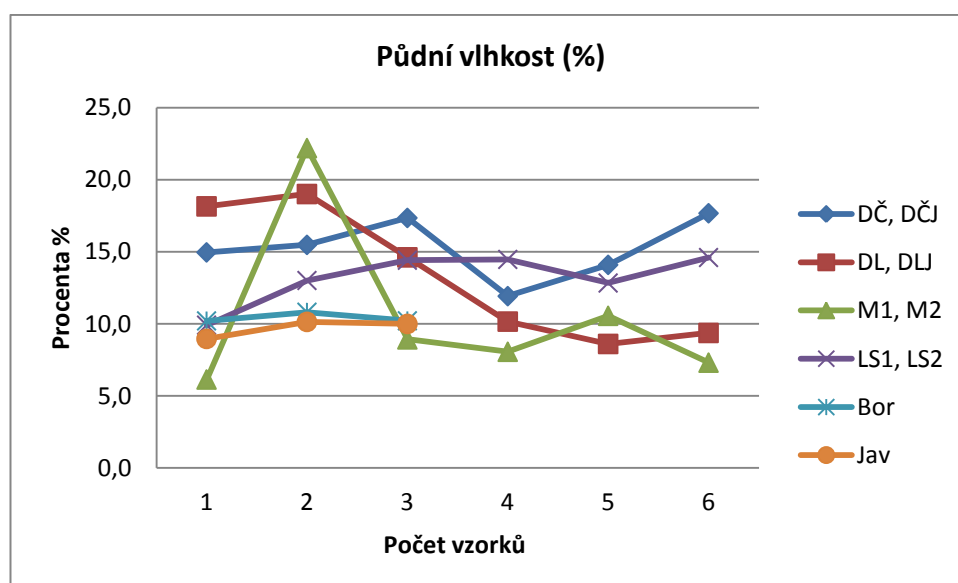
hodnota vynásobena stem, aby byla vlhkost v procentech. Výpočet tedy vychází ze vzorce pro vlhkost hmotnostní.

Výsledné hodnoty pro jednotlivé dřeviny (lokality) jsou přiloženy jako příloha č.2. Průměrné procento vlhkosti pro vybrané druhy dřevin je následující (Tab.č.10):

VÝSLEDKY	
DŘEVINA	Ø VLHKOST (%)
<i>javor klen</i>	9,685
<i>borovice lesní</i>	10,399
<i>modřín opadavý</i>	10,522
<i>lípa srdčitá</i>	13,198
<i>dub letní</i>	13,309
<i>dub červený</i>	15,238

Tab.č.10: Průměrná půdní vlhkost v lokalitách o různém druhovém složení dřevin

Při zprůměrování výsledných hodnot vlhkostí pro jednotlivé dřeviny vyplývá, že největší procentuální půdní vlhkost byla zaznamenána u půdy pod *dubem červeným*. Naopak nejmenší procentuální půdní vlhkost je viditelná u *javoru klenu*. *Dub letní* a *lípa srdčitá* mají velmi podobné hodnoty. To stejné platí i pro *modřín opadavý* a *borovici lesní*. Naměřené hodnoty jsou patrné z následujícího grafu (Obr.č.31).



Obr.č.31: Půdní vlhkost naměřená na jednotlivých lokalitách

### 10.2.3 Objemová hmotnost

Výsledné hodnoty naměřené objemové hmotnosti jednotlivých vzorků půd jsou součástí přílohy č.3.

Zde jsou zprůměrované půdní objemové hmotnosti pod jednotlivými druhy dřevin, seřazeny vzestupně (Tab.č.11).

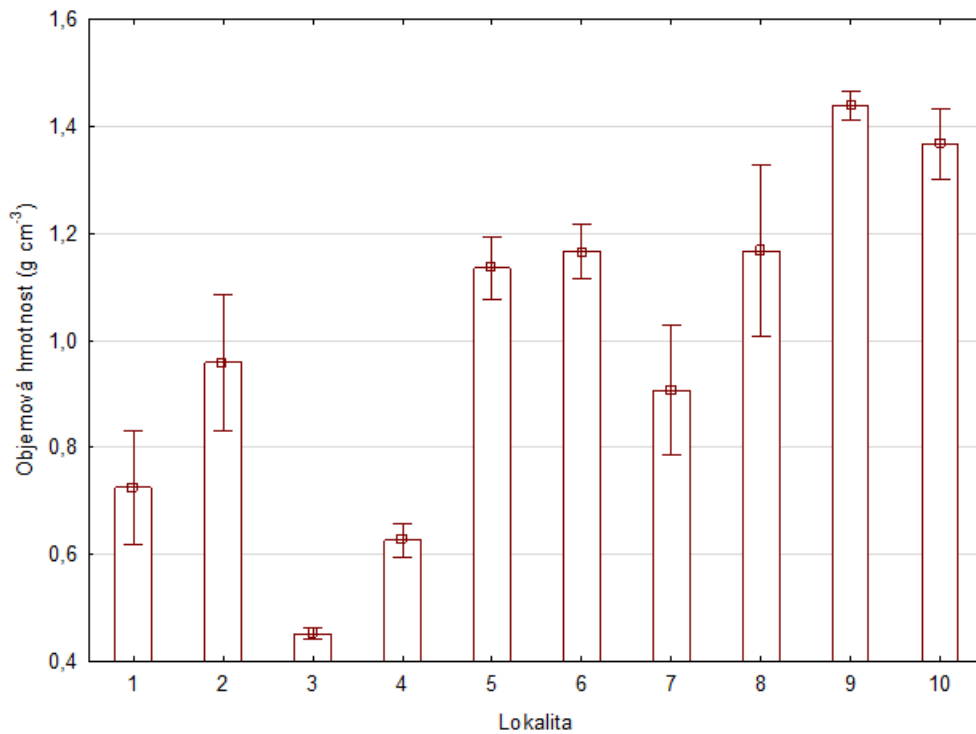
VÝSLEDKY	
DŘEVINA	Ø OBJEMOVÁ HMOTNOST (g.cm-3)
<i>modřín opadavý</i>	0,540
<i>dub červený</i>	0,947
<i>lípa srdčitá</i>	1,037
<i>dub letní</i>	1,048
<i>javor klen</i>	1,368
<i>borovice lesní</i>	1,439

Tab.č.11: Průměrné objemové hmotnosti vzorků půd pod jednotlivými druhy dřevin

Nejmenší objemová hmotnost půdy byla změřena na lokalitě pod *modřínem opadavým*. Naopak největší byla změřena pod *borovicí lesní*. U *dubu letního* a *lípy srdčité* byly naměřené hodnoty podobné. Výsledná hodnota u *dubu letního* koresponduje s výsledky měření, které provedl Cejpek (2011) v rámci své diplomové práce na Velké Podkrušnohorské výsypce.

Objemové hmotnosti jsou také znázorněny v tomto grafu (Obr.č.32):





Obr.č.32: Objemové hmotnosti půd pro různé lokality.  
 Chybové úsečky zobrazují standardní chybu průměru.  
 (Current effect: F(9, 20)=12,907, p=,00000)

#### 10.2.4 Infiltrace

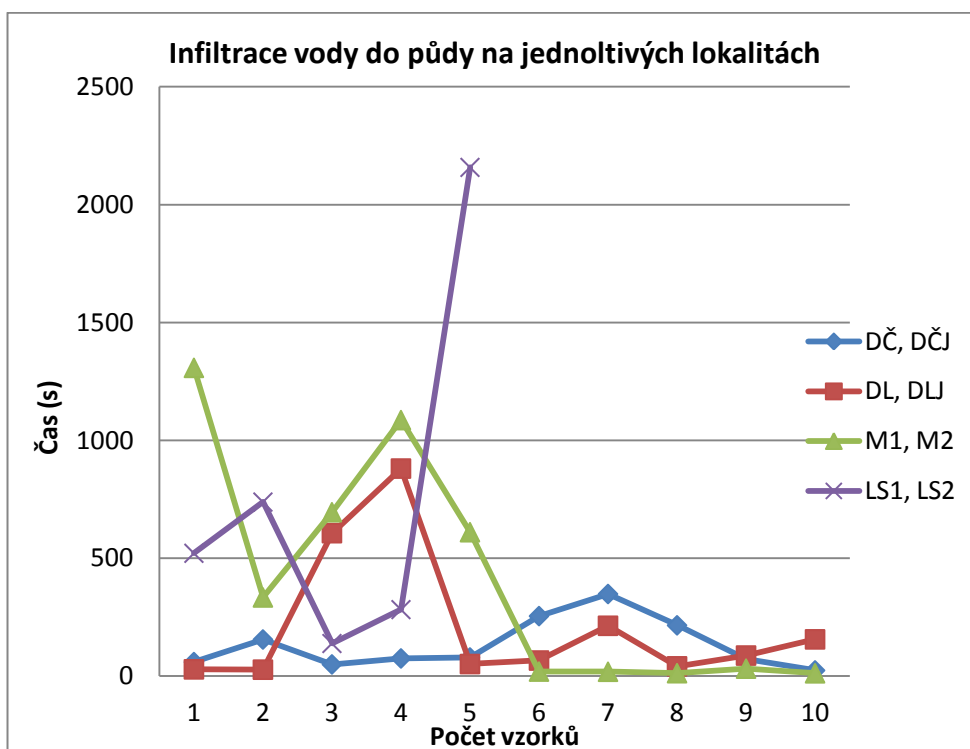
Hodnoty průměrného času infiltrace vody do půdy pro různé dřeviny jsou následující (Tab.č.12):

VYHODNOCENÍ	
DŘEVINA	Ø DOBA INFILTRACE (s)
<i>dub červený</i>	133,501
<i>dub letní</i>	216,041
<i>modřín opadavý</i>	412,947
<i>lípa srdčitá</i>	767,836

Tab.č.12: Průměrná doba infiltrace pro vybrané druhy dřevin

Nejmenší infiltrační schopnost půdy byla zaznamenána v prostředí *lípy srdčité* a *modřínu opadavého*. Na lokalitě č.7 *lípy srdčité* se dokonce voda vsakovala tak pomalu, že měření bylo ukončeno ještě před časem vsaku. Naopak nejlepší infiltrační schopnost vykazovalo prostředí *dubu červeného*. Podrobné hodnoty vsaků

jednotlivých lokalit jsou připojeny v příloze č.4. Čas vsaků je též zobrazen na Obr.č.33.



Obr.č.33: Časy vsaků na jednotlivých lokalitách pro různé dřeviny.

### 10.3 Doplnující měření

Tato doplňující měření byla provedena, neboť souvisí jak s hydrofyzikálními vlastnostmi půdy, tak i s erozí a poskytují hlubší náhled na výsledky naměřených hodnot.

#### 10.3.1 Intercepční kapacita dřeviny

Na zájmových lokalitách byl proveden odhad intercepce jednotlivých dřevin. Intercepční kapacita vegetace je podmíněna strukturou porostu, charakterem vegetace, formou a velikostí listů včetně jejich povrchu. Tato schopnost dřeviny zachytit atmosférické srážky byla zjišťována pomocí srážkoměrů umístěných pod testovanými dřevinami na zájmových lokalitách (součást erozních parcel).

Jak je patrné z výsledných hodnot (Tab.č.13), všechny dřeviny svými korunami propustily velmi podobné množství atmosférických srážek. Bohužel se některé

srážkoměry během měření poničily (ty jsou v tabulce značeny pomlčkou) a jeden spadl na kmen dřeviny, kde pravděpodobně vlivem stékání srážkové vody po tomto kmeni došlo k zachycení velkého množství vody srážkoměrem. Tato událost se stala na lokalitě 3 u srážkoměru číslo 2. Ačkoliv výsledné hodnoty nejsou příliš rozdílné, lze s opatrností konstatovat, že největší množství srážek bylo zachyceno *modřínem opadavým* a naopak nejmenší *dubem červeným* (Tab.č.13). Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v příloze č.5.

VYHODNOCENÍ	
DŘEVINA	Ø MNOŽSTVÍ NAMĚŘENÝCH SRÁŽEK (ml)
<i>modřín opadavý</i>	536
<i>borovice lesní</i>	607
<i>dub letní</i>	651
<i>javor klen</i>	656
<i>lípa srdčitá</i>	680
<i>dub červený</i>	729

Tab.č.13: Průměrné množství srážek zachycených srážkoměry na jednotlivých lokalitách pod různými druhy dřevin

Dále byla zkoumána intercepční schopnost dřeviny z pohledu plochy listů nacházející se nad danou erozní parcelkou (v případě lokalit na výsypce Malé Březno) a studijní parcelkou o rozměru 1 x 1 m (v případě Radovesické výsypky).

Výsledné plochy listů nad danou lokalitou (erozní či studijní parcelkou) jsou následující (Tab.č.14):

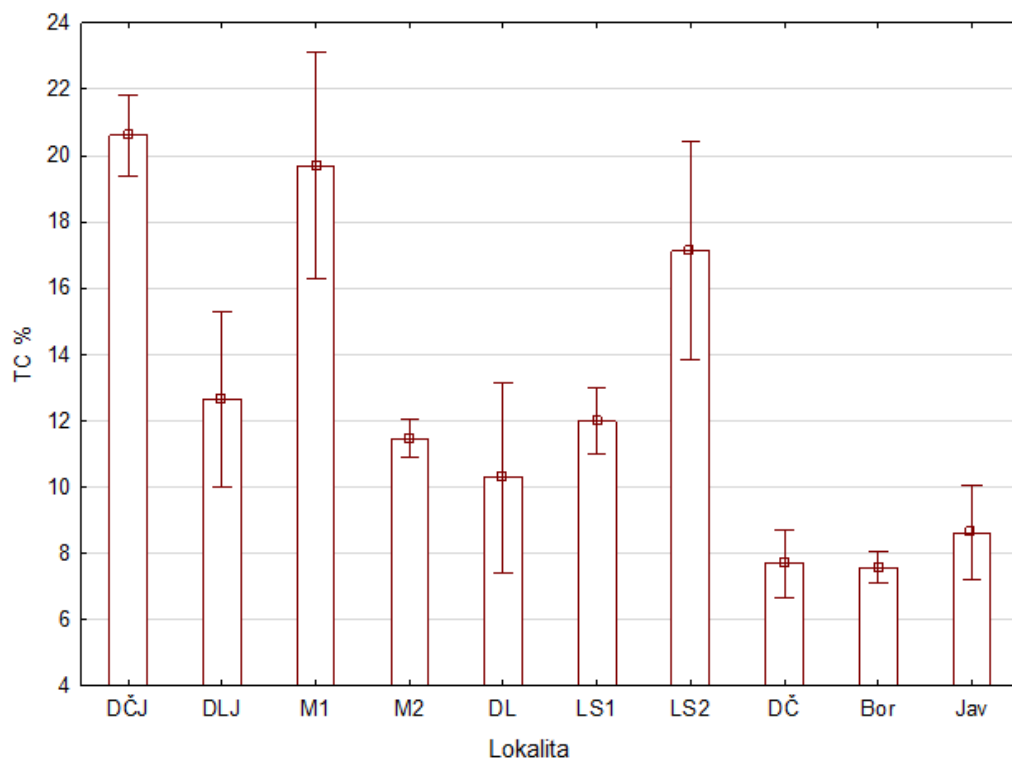
LOKALITA	DŘEVINA	HMOTNOST LISTŮ NA PAPÍRU A4 (g)	PLOCHA LISTŮ NA PAPÍRU A4 (mm <sup>2</sup> )	CELKOVÁ HMOTNOST SPADLÝCH LISTŮ NA LOKALITĚ (g)	CELKOVÁ PLOCHA LISTŮ NAD DANOU LOKALITOU (mm <sup>2</sup> )	CELKOVÁ PLOCHA LISTŮ NAD DANOU LOKALITOU (m <sup>2</sup> )
1	<i>dub červený</i>	2,175	28518	1584,2	20771593,38	<b>20,772</b>
2	<i>dub letní</i>	2,217	35388	795,9	12704244,11	<b>12,704</b>
3	<i>modřín opadavý</i>	-	-	-	-	-
4	<i>modřín opadavý</i>	-	-	-	-	-
5	<i>dub letní</i>	2,217	35388	769,9	12289069,61	<b>12,289</b>
6	<i>lípa srdčitá</i>	1,518	34083	379,8	8527485,771	<b>8,527</b>
7	<i>lípa srdčitá</i>	1,518	34083	393,4	8832840,711	<b>8,833</b>
8	<i>dub červený</i>	2,175	28518	1598,0	20952535,17	<b>20,953</b>
9	<i>borovice lesní</i>	-	-	-	-	-
10	<i>javor klen</i>	2,014	34391	2030,3	34669338,28	<b>34,669</b>

Tab.č.14: Plochy listů nad danou lokalitou (erozní či studijní parcelkou)

*Javor klen* zaujímá prvenství v celkové ploše listů nacházející se nad lokalitou. Druhá největší plocha listů byla zaznamenána u *dubu červeného*. Dalo by se říci, že tato dřevina bude mít dobrou intercepční schopnost. Jak ale vyplývá ze zachycených srážek pomocí srážkoměrů, není tomu tak. Naopak u této dřeviny bylo naměřeno jejich největší množství. Se svojí plochou listů se řadí *lípa srdčitá* na poslední místo, to odpovídá i zaznamenanému množství srážek srážkoměry.

### 10.3.2 Uhlík

Hodnoty procentuálního zastoupení uhlíku na jednotlivých lokalitách jsou zobrazeny kvůli velkému množství dat v příloze č.6. Zde je pouze shrnutí jejich průměrných hodnot (Tab.č.15) včetně grafického znázornění jejich procentuálního rozptylu (Obr.č.34).



Obr.č.34: Rozptyl procentuálního obsahu uhlíku v minerální půdě na lokalitách s různými dřevinami. Chybové úsečky zobrazují standardní chybu průměru (Current effect:  $F(9, 30)=5,2357, p=,00026$ )

SHRNUTÍ	
DŘEVINA	Ø MNOŽSTVÍ UHLÍKU (%)
<i>modřín opadavý</i>	15,58
<i>lípa srdčitá</i>	14,55
<i>dub červený</i>	14,15
<i>dub letní</i>	11,46
<i>javor klen</i>	8,62
<i>borovice lesní</i>	7,56

Tab.č.15: Průměrné množství uhlíku v procentech z jednotlivých půdních vzorků odebraných na lokalitách o různém druhovém složení dřevin

Jak z tabulky vyplývá, největší množství uhlíku bylo zaznamenáno v půdě pod *modřínem opadavým* a naopak nejmenší pod *borovicí lesní*.

## Shrnutí výsledných hodnot

Vzhledem k velkému množství dat byla pro větší přehlednost vytvořena souhrnná tabulka výsledků (Tab.č.16).

DŘEVINA	Ø HMOTNOST SEDIMENTU (g)	Ø DOBA VSAKU (HYDROFOB. PŮDY)	Ø PŮDNÍ VLHKOST (%)	Ø OBJEMOVÁ HMOTNOST (g·cm <sup>-3</sup> )	Ø DOBA INFILTRACE (s)	Ø MNOŽSTVÍ NAMĚŘENÝCH SRÁŽEK (ml)	CELKOVÁ PLOCHA LISTŮ NAD LOKALITOU (m <sup>2</sup> )	Ø UHLÍK (%)
<i>dub červený</i>	114,011	0:08:24	15,238	0,947	133,501	729,000	20,863	14,15
<i>dub letní</i>	238,089	0:06:21	13,309	1,048	216,041	650,580	12,497	11,46
<i>modřín opadavý</i>	61,903	0:58:26	10,522	0,54	412,947	535,000	-	15,58
<i>lípa srdčitá</i>	48,924	0:19:01	13,198	1,037	767,836	680,000	8,680	14,55
<i>borovice lesní</i>	-	0:01:46	10,399	1,439	-	607,000	-	7,56
<i>javor klen</i>	-	0:00:10	9,685	1,368	-	656,000	34,669	8,62

Tab.č.16: Souhrnná tabulka výsledků

Největší množství sedimentu bylo zachyceno erozní jámou v lokalitě *dubu letního*. Při zkoušce hydrofobicity a infiltrace však půda pod touto dřevinou vykazovala poměrně dobré výsledky. Ze všech zkoumaných dřevin na výsypce Malé Březno půda pod *dubem letním* obsahovala nejmenší koncentraci celkového uhlíku. Druhé největší množství sedimentu bylo změřeno v lokalitě *dubu červeného*. Jeho výsledné hodnoty vsaku při zkoušce hydrofobicity jsou velmi podobné výsledkům u *dubu letního*. Doba infiltrace vody do půdy byla ale ze všech zkoumaných lokalit nejkratší. Půdy pod touto dřevinou vykazovaly největší vlhkost. *Dub červený* měl spolu s *javorem klenem* největší množství listového opadu. Předposlední místo v rámci hmotnosti sedimentu zaujímá *modřín opadavý*. U této dřeviny byla zaznamenána největší půdní hydrofobicita, na kterou má především vliv spadané jehličí. Doba infiltrace vody do půdy byla hned po *lípě srdčité* druhou nejvyšší. To je způsobeno pravděpodobně velkou fermentační vrstvou, která se pod *modřínem opadavým* vyskytuje. U *modřínu* bylo též naměřeno největší procentuální zastoupení uhlíku v půdních vzorcích. Poslední místo v rámci hmotnosti sedimentu pak zaujímá lokalita *lípy srdčité*. Ta vykazuje, až na objemovou hmotnost a množství uhlíku, podobné

vlastnosti jako *modřín opadavý*. Ze všech dřevin u ní bylo zjištěno nejméně listového opadu. Výsledné hodnoty všech měření na lokalitách ***borovice lesní*** a ***javoru klenu*** jsou velmi podobné. Lokalita *borovice lesní* má jen o něco málo vyšší výsledné hodnoty. Největší hmotnost a tedy i největší množství listů bylo sesbíráno na ploše *javoru klenu*.

## 11. Diskuze

Pro zjištění vlivu dřevin na erozi a hydrofyzikální vlastnosti půdy na výsypkách jsem provedla terénní a laboratorní měření na vybraných lokalitách výsypky Malé Březno a Radovesické výsypky. Lokality jsem se snažila zvolit tak, aby dřeviny na nich rostoucí měly stejné podmínky pro svůj růst (sklon svahu 16 %, stejné zeminy, stejné klimatické a hydrologické podmínky, stejný princip rekultivace). Také jsem dbala na to, aby dřeviny byly ve stejném věkovém stáří. Rozdíly ve výsledných hodnotách měření při stejných podmínkách růstu tak byly způsobeny vlivem samotných dřevin. Vzhledem k tomu, že jsem dostala povolení ke vstupu na Radovesickou výsypku později, než tomu bylo u výsypky Malé Březno, nestihla jsem na všech lokalitách ve stejný čas provést instalaci erozních parcelek a infiltraci vody do půdy. Erozní parcelky jsem instalovala pouze na výsypce Malé Březno, to stejné platilo i pro test infiltrace. Nicméně ostatní měření jsem už provedla na všech lokalitách. Aby byl vliv dřevin co nejvíce prozkoumán, uskutečnila jsem několik různých měření. Z toho také vyplývalo velké množství získaných dat. Následné zpracování dat bylo velmi složité. Složitost jsem spatřovala nejen v jejich velkém množství, ale také v tom, že jsem nezaznamenala žádnou vědeckou práci na toto téma a neměla tak žádný vzor. Pro získání přesnějších výsledků se domnívám, že by mělo být provedeno měření během celého roku (nejen od srpna do listopadu) a mohla být vyzkoušena i jiná metoda k jejich vyhodnocení. To by však vzhledem k rozsahu měření splňovalo spíše náplň práce disertační. I tak ale lze ze získaných dat učinit určité závěry.

Žádná z dřevin nevykazuje ve všech směrech výborné či špatné výsledky, což zvyšuje složitost vyhodnocení. Z hlediska zkoumaných vlastností se z vybraných druhů dřevin dle mého názoru k rekultivačním účelům nejvíce hodí *dub červený*. Ačkoliv množství sedimentu zachyceného erozní jámou není příliš malé, půda velmi dobře přijímá atmosférické srážky. To neplatí pro *modřín opadavý*, který svým jehličím vytváří velmi hydrofobní půdu a snižuje tak její infiltrační schopnost. Proto bych nedoporučovala vytvářet porost pouze z *modřínu opadavého*, jak jsem upozorovala na některých výsypkách. Nejvhodnější se mi jeví vytváření porostu ze směsi různých druhů dřevin, aby dřeviny mohly vzájemně kompenzovat své případné negativní vlivy. Některé dřeviny je však lepší sázet do skupin (*borovice lesní*), ale i tak by tyto skupiny neměly být příliš veliké. V případě monokulturního jehličnatého



porostu hrozí acidifikace půdního prostředí (Augusto et al., 2002). U jednodruhového výběru dřevin také hrozí problém s chorobami, jak se tomu stalo na Radovesické výsypce u jasanu *ztepilého*. Tento jasan byl napaden chorobou *Chalara fraxinea*, která zničila tento porost do té míry, že musel být nahrazen jiným (Tomáš Hamerník, 2017, in verb.).

## 12. Závěr

V posledních letech se stávají lesní porosty preferovaným rekultivačním cílem výsypek. Aby splňovaly své poslání, tedy především ekologickou stabilitu půd, musí být proveden pečlivý výběr vhodných druhů dřevin. Z diskuzí, které jsem vedla s vedoucími pracovníky pro rekultivace jak z podniků Severočeské doly, a.s. a Vršanská uhelná, a.s., tak i energetické firmy ČEZ, a.s., jsem posbírala informace, které se jednotně shodují v metodě výběru dřevin. Dřeviny jsou vybírány především podle ujmoutí se na uměle vytvořených substrátech, vitalitě růstu, náročnosti na úpravu substrátu, náročnosti na mikroklima, toleranci k imisní zátěži a do jisté míry i estetičnosti. Cílem podniků, které musí dané území rekultivovat, je přirozeně dosáhnout v co nejkratší době porostu plnicí funkci lesa a rekultivační činnost ukončit. Tomu odpovídají i vědecké práce různých autorů (například Dimitrovský, 1999 a Kupka 2011), které se zabývají vyhodnocením těchto faktorů jako podklad pro vhodnost dřevin k rekultivačním účelům. Tyto faktory jsou důležité, avšak domnívám se, že by měla být pozornost věnována této problematice i z druhého úhlu pohledu. Tím mám na mysli nezabývat se pouze vlivem stanoviště na dřeviny, ale také vlivem dřevin na stanoviště. Při nesprávném výběru dřevin může být i předem správně připravené stanoviště negativně ovlivněno touto dřevinou. Tento proces je velmi pomalý, avšak může být po nějaké době patrný. Bohužel jsou měření, vyhodnocující tento vliv, náročná a při měření různých faktorů též špatně vyhodnotitelná. Pozornost by dle mého názoru měla být věnována i způsobu sadby. Tím, že se dřeviny sází do řad a přesných sponů, les postrádá formaci a vzhled přirozeného lesa. Nevýhodou je také to, že v případě dešťů může voda protékat právě těmito řadami bez překážek.

Přínosem této práce je nastínění této problematiky právě z druhého úhlu pohledu jako podklad pro budoucí výběr dřevin k rekultivačním účelům a také jako základ pro další vědecké práce.

### 13. Přehled literatury a použitých zdrojů

- Augusto L., Ranger J., Binkley D., Rothe A., 2002: Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forestry Science* 59: 233 – 253.
- AV ČR – UFA, 2017: Meteorologická měření observatoře Kopisty. Akademie věd ČR, Ústav fyziky atmosféry, observatoř Kopisty, interní data.
- Bennett H.H., 1939: *Soil conservation*. McGraw – Hill Book Co., New York – London, 993.
- Bennett H.H., 1955: *Elements of soil conservation*. McGraw – Hill Book Co., New York – Toronto – London, 358.
- Bouška V., Pešek J., 1999: Quality parameters of lignite of the North Bohemian Basin in the Czech Republic in comparison with the world average lignite. *International journal of coal geology*, 1999/40: 211 – 235.
- Brandt G.H., 1969: Water movement in hydrophobic soils. In proceedings of symposium on water repellent soils (May 6-10, 1968), University of California, Riverside, California: 91 – 115 .
- Bubenzer G.D., 1979: Inventory of Rainfall Simulators. Proc. of the Rainfall Simulator Workshop, USDA, ARM-W-10: 120 – 130.
- Cejpek J., 2011: Vodní režim rekultivovaných a nerektivovaných výsypek. Diplomová práce, Ústav pro Životní prostředí, Přírodovědecká Fakulta UK. 76.
- Czechcoal, 2017: Historie, principy a legislativa. Těžební a energetická skupina, online: <http://www.czechcoal.cz/cz/uhli/rekultivace.html>, staženo 12.03.2017.
- ČGS, 2017: Geologická mapa 1:50 000. Česká geologická služba, online: [http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50&y=797600&x=993000&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=797600&x=993000&s=1), staženo 5.04.2017.
- ČPS, 2017: Základy pedologie a ochrana půdy, 5. přednáška. Česká pedologická společnost, Praha, online: <http://pedologie.czu.cz/prednasky/zpop/zpop5.pdf>, staženo 31.03.2017.

- Dimitrovský K., 1999: Zemědělské, lesnické a hydrické rekultivace území ovlivněných báňskou činností. Metodiky pro zemědělskou praxi 14/1999, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 66.
- Dimitrovský I., 2009: Revitalizace vodního režimu na výsypkách. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 26.
- Dirner V., Smolík D., 2006: Modul 7: Význam rekultivace jako proces obnovy narušené biosféry. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta hornicko-geologická, Ostrava, online: <https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/instituty-a-pracoviste/cs/546/studijni-materialy/EV-modul7.pdf>, staženo 12.03.2017.
- Dočkal M., 2017: Rekultivace (nejen) po těžbě. České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Praha, online: <http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/EKDE/EKOLOGIE/Rekultivace.pdf>, staženo 12.03.2017.
- Doerr S.H., Shakesby R.S., Walsh R.P.D., 2000: Soil water repellency: its characteristics, causes and hydro-geomorphological consequences. Earth Science Reviews 51: 33 – 65.
- Dvořák Z., Svejkovský J., Janeček O., Coufal P., 2012: Minerály severočeské hnědouhelné pánve. Granit, s.r.o., Praha, 159.
- Evans, 2013: Ekosystém lesa. Občanské sdružení Evans, Praha, online: <http://www.prazskestezky.cz/kunrat/ku13.html>, staženo 25.03.2017.
- GOV, 2017: Zákon č. 61/1988 Sb., České národní rady o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, v platném znění. Portál veřejné správy, Praha, online: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=37650&nr=61~2F1988&rpp=15#local-content>, staženo: 10.03.2017.
- Hallet P.D., 2007: An introduction to soil water repellency. Proceedings of the 8th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals, International Society for Agrochemical Adjuvants (ISAA), Columbus, Ohio, USA, 14.
- Holý M., 1994: Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha.
- Hoskovec L., 2007: Quercus rubra L. – dub červený. Botanický herbář, online: <http://botany.cz/cs/quercus-rubra/>, staženo 8.04.2017.

- Chao Yuan L., Wen Tzu L., Wen Chieh Ch., 2002: Soil prediction and sediment yield estimation: the Taiwan experience. *Soil and Tillage Research* 68 (2): 143 – 152.
- Chytka L., Šafářová M., 2009: Vývoj hnědouhelného hornictví v ČR. *Paliva* 1 (2009): 5 – 11.
- Jandák J., Pokorný E., Prax A., 2007: *Půdoznalství*. 2. vydání. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 142.
- Janeček M., 2008: *Základy erodologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 180.
- Jedlička A., 1966: Výzkum stability Radovesické výsypky velkolomu M.Gorkij – odborná zpráva. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most.
- Jirásek J., Malečková V., Sivek M., 2010: Těžba uhlí v České republice a Evropské unii. *Diamo státní podnik Stráž pod Ralskem* V 23: 1 – 9.
- Jonáš F., Peroutková k., 1997: Učební text předmětu Kultivace a rekultivace. Česká zemědělská univerzita, Praha, 189.
- Krása P, 2007: *Tilia coradata* Mill. – lípa srdčitá. Botanický herbář, online: <http://botany.cz/cs/tilia-cordata/>, staženo 8.04.2017.
- Kubát J., 2010: Vliv antropogenních substrátů výsypek na Sokolovsku na obnovu lesa. Disertační práce. Nepublikováno. Dep.: Česká zemědělská univerzita, Studijní a informační centrum, Praha.
- Kupka I., 2011: Výsledky testování vybraných dřevin pro lesnické rekultivace na Sokolovsku: review. *Zprávy lesnického výzkumu* 2011/56: 52 – 56.
- Leugnerová G., 2007: *Pinus sylvestris* L. – borovice lesní. Botanický herbář, online: <http://botany.cz/cs/pinus-sylvestris/>, staženo 8.04.2017.
- Litschamann T., 2010: Měření půdní vlhkosti – odborná přednáška. Masarykova univerzita v Brně, Brno, online: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0075/um/Prednaska\\_Dr\\_Litschmann\\_Pu\\_dniVlhkost.pdf](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0075/um/Prednaska_Dr_Litschmann_Pu_dniVlhkost.pdf), staženo 2.04.2017.
- Malkinson D., Wittenberg L., 2011: Post fire induced soil water repellency-modeling short and long-term processes. *Geomorphology* 125: 186 – 192.
- Mašíček T., Toman F., Vičanová M., 2011: Infiltrační schopnost půdy v porostech rychle rostoucích dřevin. Mendelova univerzita v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie, Brno.

- Mendelu, 2017: Význam půdních mikroorganismů pro produkční a mimoprodukční funkce půdy. Infiltrace, akumulace a retenční vody. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Brno, online: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=4008&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4008&typ=html), staženo 2.04.2017.
- Mižík P., 2008: Quercus robur L. – dub letní. Botanický herbář, online: <http://botany.cz/cs/quercus-robur/>, staženo 8.04.2017.
- Mze, 1994: Lesnický naučný slovník. Praha, Mze: 186 – 187.
- Mze, 1996: Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/1996 Sb., o náležitostech žádosti o odnětí nebo omezení a podrobnostech o ochraně pozemků určených k plnění funkcí lesa. Ministerstvo zemědělství, Praha, online: <http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/legislativa/legislativa-cr/lesnictvi/uplna-zneni/vyhlaska-1996-77-lesnictvi.html>, staženo 10.03.2017.
- MŽP, 1994: Vyhláška č. 13/1994 Sb., Ministerstva životního prostředí, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/43b5a6e50d46eb69c12564ea003de8b0?OpenDocument>, staženo 10.03.2017.
- MŽP, 2005: Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: [http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/96F060C6A3D87823C125708F00317B16/\\$file/V%20294\\_2005.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/96F060C6A3D87823C125708F00317B16/$file/V%20294_2005.pdf), staženo 9.03.2017.
- OKD, 2012: Jak uhlí vzniklo. Ostravsko-karvinské doly, online: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/jak-uhli-vzniklo>, staženo 6.03.2017.
- Pecharová E. [ed], 2011: Environmental approach to methods of regeneration of disturbed landscapes. Journal of Landscape Studies 4 (2011): 71-80.
- Pešek J., Sivek M., 2010: Uhlonosné pánve a ložiska černého a hnědého uhlí České republiky. Česká geologická služba, Praha, online: <http://www.geology.cz/pesek-uhlonosnepanve/Pesek-Sivek-Uhlonosne-panve-ukazka-vybranych-stran-z-kni.pdf>, staženo 8.3.2017.

- Petránek J., Synek J., 2007: Severočeská pánev. Česká geologická služba, Praha, online: [http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?severoceska\\_panev](http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?severoceska_panev), staženo 11.03.2017.
- Petránek J., Synek J., 2007: Uhlí. Česká geologická služba, Praha, online: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?uhli>, staženo 7.03.2017.
- Pletichová M., Žižka L., 2011: Radovesická výsypka – základní informační přehled. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most, 105.
- Pletichová M., Halíř J., Žižka L., 2012: Informační komplex výsypkových lokalit a.s. Vršanská uhelná – úkol společného zájmu – výsypka Malé Březno. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., odborná zpráva, zakázka GH – 076 /12, 59.
- Prach K., Hobbs R.J., 2008: Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology* 16 (3): 363-366.
- PSP ČR a, 2017: Zákon, kterým se mění zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 83/2013 Sb., o označování a sledovatelnosti výbušnin pro civilní použití, v platném znění. Poslanecká sněmovna parlamentu České republiky, Praha, online: <http://www.psp.cz/sqw/text/tiskt.sqw?O=7&CT=653&CT1=0>, staženo 10.03.2017.
- PSP ČR b, 2017: Vyhláška č. 104/1988 Sb., Českého báňského úřadu o racionálním využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem. Poslanecká sněmovna České republiky, Praha, online: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=104&r=1988>, staženo 10.03.2017.
- Rak L., 2007: *Larix decidua* Mill. – modřín opadavý. Botanický herbář, online: <http://botany.cz/cs/larix-decidua/>, staženo 8.04.2017.
- Rejšek, K., 1999: Lesnická pedologie – cvičení. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Ritsema C.J., Dekker L.W., 1996: Water repellency and its role in forming preferred flow paths in soils. *Australian Journal of Soil Research*, 34: 475 – 487.

- Sixta J., 2015: Přednáška 01 (základní pojmy, holistika). Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Souček J., Kriegel H., Nárovec V., Šach F., 2010: Obnova lesa na lokalitách ohrožených introskeletovou erozí. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Lesnický průvodce 2/2010, Jíloviště, 35.
- Soukupová J., 2009: Atmosférické procesy (základy meteorologie a klimatologie). Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 201.
- Šach F., 1990: Vnitropůdní eroze – nebezpečný proces na kamenitých lesních pozemcích po imisních těžbách. Zprávy lesnického výzkumu, 35: 13 – 15.
- Škorpík J., 2016: Fosilní paliva, jejich využití v energetice a ekologické dopady. Fakulta strojního inženýrství VUT, Brno, online: <http://www.transformacni-technologie.cz/fosilni-paliva-jejich-vyuziti-v-energetice-a-ekologicke-dopady.html>, staženo 8.3.2017.
- Štýs S., 2009: Lesnické rekultivace. Mostecké listy 2009/3: 1 – 1.
- Štýs S., 2013: O rekultivaci těžebních ploch. Ekolist – zprávy o přírodě, životním prostředí a ekologii, Praha, online: <http://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/stanislav-stys-o-rekultivaci-tezebnich-ploch>, staženo 17.03.2017.
- Štýs S., Bízková R., Ritschelová I., 2014: Proměny severozápadu. Český statistický úřad, Praha, 181.
- Švecová M., 2012: Těžba černého uhlí v české republice – historie, současnost, perspektivy. Nepublikováno. Dep.: Masarykova univerzita, Ekonomicko správní fakulta, Brno.
- Ulbrichová I., 2005: Les a voda. Skripta\_EKOL. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, online: [http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta\\_EKOL/lesavoda/lesavoda.htm](http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta_EKOL/lesavoda/lesavoda.htm), staženo 26.03.2017.
- Vopravil J., Khel T., Hrabalíková M., 2014: Řešení obnovy zemědělské půdy v rámci rekultivací v Ústeckém kraji – studie. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha, 53.
- Vráblíková J., Šoch M., Vráblík P., 2009: Rekultivovaná krajina a její možné využití. Zpráva o řešení projektu, Univerzita J.E.Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 82.

- Vrábliková J., Šoch M., Vráblik P., 2009: Modelové řešení revitalizace průmyslových regionů a území po těžbě uhlí na příkladu Podkrušnohoří. Součást projektu WD-44-07-1. Univerzita J.E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 82.
- VSB, 2015: Skripta VSB. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 83.
- Wallis M.G., Horne D.J., 1992: Soil water repellency. Advances in soil sciences. B.A. Stewart, Springer-Verlag, New York: 96 – 142.
- Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. Agr.Hanbook No. 537, U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C.
- Zachar D., 1970: Erózia pôdy. SAV Bratislava, Bratislava, 527.



## 14. Přílohy

**Příloha č.1:** Výsledné hodnoty půdní hydrofobicity pro jednotlivé půdní vzorky odebrané na zájmových lokalitách

LOKALITA	VZOREK	ČÍSLO KAPKY	DOBA VSAKU	LOKALITA	VZOREK	ČÍSLO KAPKY	DOBA VSAKU
<b>1 DČJ</b>	1	1	0:00:40	<b>2 DLJ</b>	1	1	0:00:25
		2	0:01:05			2	0:00:20
		3	0:00:20			3	0:00:28
		4	0:01:25			4	0:12:20
		5	0:00:40			5	0:00:55
	2	1	0:00:55		2	1	0:13:58
		2	0:19:45			2	0:08:28
		3	0:01:00			3	0:11:20
		4	0:01:40			4	0:03:56
		5	0:00:45			5	0:10:33
	3	1	0:17:00		3	1	0:01:01
		2	0:20:45			2	0:00:01
		3	0:00:02			3	0:00:01
		4	0:00:01			4	0:00:01
		5	0:00:25			5	0:00:11
	4	1	0:00:40		4	1	0:00:27
		2	0:01:45			2	0:00:01
		3	0:08:27			3	0:00:22
		4	0:00:20			4	0:00:24
		5	0:00:27			5	0:01:09
5	1	0:16:52	5	1	0:00:03		
	2	0:16:38		2	0:00:02		
	3	0:27:44		3	0:00:03		
	4	0:26:18		4	0:00:15		
	5	0:34:57		5	0:00:02		

LOKALITA	VZOREK	ČÍSLO KAPKY	DOBA VSAKU	LOKALITA	VZOREK	ČÍSLO KAPKY	DOBA VSAKU
<b>3 M1</b>	1	1	1:28:06	<b>4 M2</b>	1	1	0:42:59
		2	0:35:23			2	1:51:13
		3	0:28:45			3	1:11:57
		4	0:12:00			4	1:50:44
		5	1:07:00			5	2:05:26
	2	1	2:09:21		2	1	0:06:58
		2	2:14:01			2	0:08:28
		3	1:58:42			3	0:26:27
		4	2:32:28			4	0:00:04
		5	2:28:12			5	0:00:36
	3	1	0:18:08		3	1	0:21:16
		2	0:49:50			2	0:06:14
		3	0:35:47			3	0:06:21
		4	0:36:10			4	0:12:04
		5	0:36:15			5	0:09:53
	4	1	1:47:00		4	1	0:48:00
		2	0:31:55			2	0:11:55
		3	1:57:05			3	0:46:50
		4	1:51:45			4	0:24:45
		5	2:16:40			5	0:39:40
5	1	0:12:10	5	1	1:09:00		
	2	0:48:25		2	1:14:55		
	3	0:18:40		3	1:18:50		
	4	1:23:45		4	1:08:45		
	5	1:11:50		5	1:08:40		

LOKALITA	VZOREK	ČÍSLO KAPKY	DOBA VSAKU	LOKALITA	VZOREK	ČÍSLO KAPKY	DOBA VSAKU
<b>5 DL</b>	1	1	0:35:42	<b>6 LS1</b>	1	1	0:44:55
		2	0:15:16			2	0:24:30
		3	0:34:00			3	2:39:30
		4	0:10:22			4	0:10:00
		5	0:21:11			5	0:11:00
	2	1	0:01:15		2	1	0:00:01
		2	0:23:01			2	0:00:01
		3	0:14:15			3	0:00:01
		4	0:22:07			4	0:00:01
		5	0:14:14			5	0:00:01
	3	1	0:04:30		3	1	0:07:20
		2	0:00:32			2	0:07:40
		3	0:00:25			3	0:13:00
		4	0:00:25			4	0:00:05
		5	0:00:19			5	0:08:30
	4	1	0:00:02		4	1	0:00:01
		2	0:00:02			2	0:00:01
		3	0:00:02			3	0:00:02
		4	0:00:02			4	0:00:01
		5	0:06:21			5	0:00:02
5	1	0:20:50	5	1	0:00:18		
	2	0:06:25		2	0:00:55		
	3	0:07:10		3	0:00:16		
	4	0:07:15		4	0:00:38		
	5	0:04:40		5	0:00:23		

LOKALITA	VZOREK	ČÍSLO KAPKY	DOBA VSAKU	LOKALITA	VZOREK	ČÍSLO KAPKY	DOBA VSAKU
<b>7 LS2</b>	1	1	1:18:45	<b>8 DČ</b>	1	1	0:01:00
		2	0:59:15			2	0:59:35
		3	1:01:20			3	0:07:00
		4	0:18:00			4	0:01:50
		5	0:20:00			5	0:13:20
	2	1	1:22:05		2	1	0:00:48
		2	1:44:43			2	0:00:33
		3	0:59:00			3	0:00:01
		4	0:24:00			4	0:00:07
		5	0:52:00			5	0:00:18
	3	1	0:03:30		3	1	0:00:02
		2	0:11:15			2	0:00:01
		3	0:40:04			3	0:00:01
		4	0:17:10			4	0:00:01
		5	0:11:15			5	0:00:25
	4	1	0:04:14		4	1	0:32:40
		2	0:18:19			2	0:02:10
		3	0:11:52			3	0:14:21
		4	0:05:43			4	0:42:02
		5	0:08:58			5	0:41:57
5	1	0:00:40	5	1	0:00:01		
	2	0:00:35		2	0:00:45		
	3	0:00:35		3	0:00:01		
	4	0:00:35		4	0:00:30		
	5	0:00:35		5	0:00:01		

LOKALITA	VZOREK	ČÍSLO KAPKY	DOBA VSAKU	LOKALITA	VZOREK	ČÍSLO KAPKY	DOBA VSAKU
<b>9 Bor</b>	1	1	0:06:28	<b>10 Jav</b>	1	1	0:00:01
		2	0:00:47			2	0:00:06
		3	0:00:18			3	0:02:25
		4	0:02:28			4	0:00:01
		5	0:00:12			5	0:00:01
	2	1	0:00:01		2	1	0:00:10
		2	0:00:01			2	0:00:11
		3	0:00:01			3	0:00:02
		4	0:00:01			4	0:00:25
		5	0:00:01			5	0:00:01
	3	1	0:03:16		3	1	0:00:15
		2	0:23:32			2	0:00:01
		3	0:02:27			3	0:00:01
		4	0:02:45			4	0:00:01
		5	0:01:38			5	0:00:01
	4	1	0:00:02		4	1	0:00:01
		2	0:00:02			2	0:00:01
		3	0:00:05			3	0:00:01
		4	0:00:02			4	0:00:01
		5	0:00:10			5	0:00:01
5	1	0:00:01	5	1	0:00:02		
	2	0:00:01		2	0:00:02		
	3	0:00:01		3	0:00:08		
	4	0:00:01		4	0:00:02		
	5	0:00:01		5	0:00:06		

**Příloha č. 2: Výsledné hodnoty z měření půdní vlhkosti**

LOKALITA	VZOREK	HMOTNOST VLHKÉHO VZORKU (g)	HMOTNOST SUCHÉHO VZORKU (g)	ROZDÍL	VLHKOST (%)	Ø VLHKOST (%)
<b>1</b> <b>DČJ</b>	1a	195,941	170,458	25,483	14,950	<b>15,922</b>
	1b	174,901	151,466	23,435	15,472	
	1c	156,135	133,059	23,076	17,343	
<b>2</b> <b>DLJ</b>	2a	212,123	179,545	32,578	18,145	<b>17,251</b>
	2b	174,824	146,908	27,916	19,002	
	2c	216,125	188,581	27,544	14,606	
<b>3</b> <b>M1</b>	3a	157,059	147,991	9,068	6,127	<b>12,411</b>
	3b	73,583	60,219	13,364	22,192	
	3c	165,778	152,211	13,567	8,913	
<b>4</b> <b>M2</b>	4a	168,435	155,883	12,552	8,052	<b>8,633</b>
	4b	178,723	161,67	17,053	10,548	
	4c	158,115	147,36	10,755	7,298	
<b>5</b> <b>DL</b>	5a	224,943	204,222	20,721	10,146	<b>9,367</b>
	5b	210,57	193,906	16,664	8,594	
	5c	219,638	200,839	18,799	9,360	
<b>6</b> <b>LS1</b>	6a	224	203,82	20,18	9,901	<b>12,435</b>
	6b	213,3	188,761	24,539	13,000	
	6c	236,1	206,375	29,725	14,403	
<b>7</b> <b>LS2</b>	7a	182,9	159,789	23,111	14,463	<b>13,962</b>
	7b	193	171,059	21,941	12,827	
	7c	218,4	190,585	27,815	14,595	
<b>8</b> <b>DČ</b>	8a	186,194	166,374	19,82	11,913	<b>14,555</b>
	8b	236,255	207,084	29,171	14,087	
	8c	236,997	201,414	35,583	17,667	
<b>9</b> <b>Bor</b>	9a	247,917	224,981	22,936	10,195	<b>10,399</b>
	9b	241,192	217,689	23,503	10,797	
	9c	254,472	230,909	23,563	10,204	
<b>10</b> <b>Jav</b>	10a	258,694	237,45	21,244	8,947	<b>9,685</b>
	10b	207,962	188,839	19,123	10,127	
	10c	255,676	232,469	23,207	9,983	

**Příloha č.3:** Objemová hmotnost půdy na jednotlivých lokalitách

LOKALITA	VZOREK	HMOTNOST VLHKÉHO VZORKU (g)	HMOTNOST VÁLEČKU (g)	OBJEMOVÁ HMOTNOST (g.cm-3)
<b>1</b> <b>DČJ</b>	1a	195,941	103,974	0,920
	1b	174,901	104,763	0,701
	1c	156,135	100,575	0,556
<b>2</b> <b>DLJ</b>	2a	212,123	104,725	1,074
	2b	174,824	104,283	0,705
	2c	216,125	106,062	1,101
<b>3</b> <b>M1</b>	3a	157,059	110,945	0,461
	3b	73,583	27,111	0,465
	3c	165,778	122,68	0,431
<b>4</b> <b>M2</b>	4a	168,435	102,07	0,664
	4b	178,723	113,388	0,653
	4c	158,115	101,629	0,565
<b>5</b> <b>DL</b>	5a	224,943	103,027	1,219
	5b	210,57	108,276	1,023
	5c	219,638	102,994	1,166
<b>6</b> <b>LS1</b>	6a	224	110,48	1,135
	6b	213,3	103,567	1,097
	6c	236,1	109,331	1,268
<b>7</b> <b>LS2</b>	7a	182,9	104,143	0,788
	7b	193	114,665	0,783
	7c	218,4	103,506	1,149
<b>8</b> <b>DČ</b>	8a	186,194	100,925	0,853
	8b	236,255	108,137	1,281
	8c	236,997	99,985	1,370
<b>9</b> <b>Bor</b>	9a	247,917	106,193	1,417
	9b	241,192	100,334	1,409
	9c	254,472	105,316	1,492
<b>10</b> <b>Jav</b>	10a	258,694	118,047	1,406
	10b	207,962	83,882	1,241
	10c	255,676	109,856	1,458

**Příloha č.4: Výsledné hodnoty infiltrace na jednotlivých lokalitách (v sekundách)**

**LOKALITA 1 - DČJ**

VÁLEC /MĚŘENÍ	1	2	3	SOUČET ČASŮ VSAKU
a	14,16	25,2	20,35	59,71
b	29	53,92	72,6	155,52
c	12,78	18,72	18,38	49,88
d	20,31	27,13	27,78	75,22
e	18,28	29,48	31,58	79,34

**LOKALITA 2 - DLJ**

VÁLEC /MĚŘENÍ	1	2	3	SOUČET ČASŮ VSAKU
a	8,96	9,41	10,5	28,87
b	10,43	8,91	8,26	27,6
c	62,2	165	379,5	606,7
d	198,4	288,3	394	880,7
e	13,66	17,11	20,65	51,42

**LOKALITA 3 - M1**

VÁLEC /MĚŘENÍ	1	2	3	SOUČET ČASŮ VSAKU
a	242,2	429,6	636,2	1308
b	119,7	112,3	101,9	333,9
c	270,3	251,9	173,2	695,4
d	37,31	1008	41,07	1086,38
e	98,3	230,4	282,1	610,8

**LOKALITA 4 - M2**

VÁLEC /MĚŘENÍ	1	2	3	SOUČET ČASŮ VSAKU
a	4,53	6,7	8,28	19,51
b	4,98	5,5	8,31	18,79
c	4,35	4,31	4	12,66
d	7,33	10,73	13,83	31,89
e	3,1	4,48	4,56	12,14



**LOKALITA 5 - DL**

VÁLEC /MĚŘENÍ	1	2	3	SOUČET ČASŮ VSAKU
a	15,96	24,63	25,64	66,23
b	23,13	57,48	133,1	213,71
c	7,15	14,69	19,74	41,58
d	16,4	30,31	40,76	87,47
e	3,1	58,63	94,4	156,13

**LOKALITA 6 - LS1**

VÁLEC /MĚŘENÍ	1	2	3	SOUČET ČASŮ VSAKU
a	74,1	145,3	301,8	521,2
b	64,8	280	393,9	738,7
c	29,93	41,45	67,2	138,58
d	69,7	111,2	101,4	282,3
e	223	774	1161,4	2158,4

**LOKALITA 7 - LS2**

VÁLEC /MĚŘENÍ	1	2	3	SOUČET ČASŮ VSAKU
a	nevsakuje se			0
b				0
c				0
d				0
e				0

**LOKALITA 8 - DČ**

VÁLEC /MĚŘENÍ	1	2	3	SOUČET ČASŮ VSAKU
a	78,7	79,4	96,7	254,8
b	98,9	120,1	129,5	348,5
c	71	72,1	72,6	215,7
d	18,92	23,58	29,45	71,95
e	8,11	7,48	8,8	24,39

**Příloha č.5:** Objem atmosférických srážek zachycený pomocí srážkoměrů na zájmových lokalitách

LOKALITA	SRÁŽKOMĚR	MNOŽSTVÍ SRÁŽEK (ml)
<b>1</b> <b>DČJ</b>	1	855
	2	-
	3	634
	4	683
<b>2</b> <b>DLJ</b>	1	745
	2	471
	3	454
	4	800
<b>3</b> <b>M1</b>	1	-
	2	1104
	3	333
	4	463
<b>4</b> <b>M2</b>	1	645
	2	653
	3	714
	4	680
<b>5</b> <b>DL</b>	1	885
	2	614
	3	552
	4	-
<b>6</b> <b>LS1</b>	1	690
	2	942
	3	655
	4	681
<b>7</b> <b>LS2</b>	1	468
	2	521
	3	797
	4	687
<b>8</b> <b>DČ</b>	1	759
	2	724
	3	858
	4	592
<b>9</b> <b>Bor</b>	1	493
	2	902
	3	427
	4	-
<b>10</b> <b>Jav</b>	1	572
	2	-
	3	809
	4	587

**Příloha č.6:** Množství uhlíku a dusíku v procentech z jednotlivých půdních vzorků odebraných na lokalitách o různém druhovém složení dřevin

LOKALITA	TC %	TN %
<b>1</b> <b>DČJ</b>	22,64	1
	22,59	1,12
	17,64	17,64
	19,6	1
<b>2</b> <b>DLJ</b>	15,88	0,81
	15,97	0,79
	4,76	0,26
	13,94	0,8
<b>3</b> <b>M1</b>	15,53	0,72
	28,26	1,27
	13,02	0,7
	22	1,04
<b>4</b> <b>M2</b>	12,62	0,7
	9,99	0,54
	11,12	0,77
	12,06	0,63
<b>5</b> <b>DL</b>	15,17	0,87
	11,22	0,7
	1,99	0,75
	12,75	0,72
<b>6</b> <b>LS1</b>	12,89	0,72
	13,37	0,65
	9,02	0,41
	12,6	0,63
<b>7</b> <b>LS2</b>	20,31	1,04
	20,81	1,05
	7,3	0,34
	20,1	1,05
<b>8</b> <b>DČ</b>	6,76	0,33
	8,93	0,47
	9,8	0,5
	5,26	0,29
<b>9</b> <b>Bor</b>	7,96	0,5
	7,24	0,4
	8,61	0,52
	6,42	0,33
<b>10</b> <b>Jav</b>	5,45	0,34
	6,97	0,43
	10,63	0,6
	11,41	0,65

**Příloha č. 7:** Přehled spadlých atmosférických srážek v zájmové oblasti pro měsíce, kdy probíhalo měření na zájmových lokalitách (AV ČR – UFA, 2017).

<b>MĚSÍČNÍ PŘEHLED KLIMATICKÝCH PODMÍNEK</b>											
Stanice : KOPISTY					Měsíc,rok : srpen, 2016						
Teplota vzduchu (°C)					Relativní vlhkost (%)						
Den	v hodinu				v hodinu				Množství srážek (mm)	Výška sněhové pokrývky (cm)	Sluneční svit (hod)
	7.	14.	21.	průměr	7.	14.	21.	průměr			
1	16,5	23,0	14,3	17,0	75	39	83	66	x	x	7,4
2	14,4	17,8	16,2	16,2	88	82	88	86	0,7	x	2,2
3	16,4	20,7	19,9	19,2	95	76	82	84	0,4	x	x
4	18,5	30,8	22,4	23,5	97	41	64	67	15,7	x	8,3
5	16,1	20,0	14,8	16,4	98	72	94	88	1,5	x	x
6	18,7	22,9	16,9	18,9	71	48	67	62	x	x	7,8
7	16,8	27,2	16,5	19,3	77	35	86	66	x	x	12,2
8	17,8	29,3	19,7	21,6	82	36	78	65	x	x	11,2
9	16,1	17,3	14,6	15,7	84	78	93	85	3,8	x	0,6
10	12,7	12,1	9,5	11,0	90	85	89	88	4,4	x	0,5
11	12,6	19,0	12,8	14,3	69	37	64	57	x	x	7,9
12	13,2	17,9	16,7	16,1	81	74	89	81	0,4	x	0,7
13	17,9	26,3	17,0	19,6	87	50	88	75	x	x	7,7
14	18,3	23,5	18,7	19,8	77	53	67	66	x	x	6,8
15	15,9	24,1	15,8	17,9	86	48	75	70	x	x	6,8
16	15,3	21,0	14,4	16,8	75	46	79	67	x	x	5,2
17	14,2	20,9	11,4	14,5	78	45	88	70	x	x	11,7
18	11,7	24,6	13,5	15,8	99	41	86	75	x	x	12,5
19	14,0	28,0	15,7	18,4	99	26	84	70	0,1	x	12,4
20	14,5	27,4	22,1	21,5	91	45	61	66	3,9	x	5,8
21	16,6	24,7	14,0	17,3	91	50	76	72	3,4	x	4,5
22	15,2	23,1	14,1	16,6	82	47	83	71	x	x	4,4
23	16,9	27,5	20,6	21,4	81	41	76	66	x	x	8,9
24	17,8	28,5	16,5	19,5	96	41	89	75	x	x	12,9
25	15,8	28,2	16,4	19,2	99	40	84	74	x	x	12,9
26	15,9	29,8	17,5	20,2	99	36	85	73	x	x	12,8
27	16,1	30,6	17,2	20,3	99	36	91	75	x	x	12,8
28	16,5	31,6	21,2	22,6	99	40	79	73	x	x	10,8
29	21,4	25,5	19,5	21,5	73	43	61	59	x	x	3,9
30	16,9	24,6	12,0	16,4	64	30	82	59	x	x	12,6
31	12,1	25,0	12,9	15,7	96	33	81	70	x	x	12,7

# MĚSÍČNÍ PŘEHLED KLIMATICKÝCH PODMÍNEK

Stanice : KOPISTY      Měsíc,rok :      září, 2016

Den	Teplota vzduchu (°C)				Relativní vlhkost (%)				Množství srážek (mm)	Výška sněhové pokrývky (cm)	Sluneční svit (hod)
	v hodinu			průměr	v hodinu			průměr			
	7.	14.	21.		7.	14.	21.				
1	11,9	27,4	18,1	18,9	99	36	78	71	x	x	6,6
2	14,8	28,1	17,2	19,3	99	35	82	72	x	x	9,4
3	15,0	27,7	15,7	18,5	96	38	88	74	x	x	6,2
4	14,3	21,6	14,7	16,3	99	64	96	86	14,8	x	3,7
5	15,2	17,4	16,7	16,5	85	76	84	82	0,5	x	1,3
6	15,1	21,7	12,3	15,4	84	46	93	74	x	x	10,1
7	13,0	26,2	15,6	17,6	99	47	93	80	x	x	11,3
8	14,9	29,6	16,2	19,2	100	36	90	75	x	x	11,7
9	15,4	28,3	17,1	19,5	99	49	93	80	x	x	7,2
10	16,7	28,7	22,6	22,7	99	46	73	73	x	x	9,6
11	16,9	31,0	18,3	21,1	99	35	88	74	x	x	9,8
12	16,8	31,6	18,1	21,2	99	35	83	72	x	x	11,0
13	16,0	30,8	20,4	21,9	99	36	67	67	x	x	10,6
14	15,7	29,0	20,1	21,2	98	38	61	66	x	x	8,9
15	13,8	27,5	20,4	20,5	88	34	56	59	x	x	10,8
16	14,6	27,9	18,2	19,7	99	39	91	76	8,7	x	7,7
17	16,7	16,5	16,9	16,8	97	97	97	97	36,1	x	x
18	16,0	13,9	12,1	13,5	99	96	95	97	6,9	x	x
19	12,6	14,5	8,6	11,1	95	76	96	89	0,1	x	x
20	10,1	15,5	6,5	9,7	99	49	95	81	x	x	2,5
21	9,3	17,8	14,0	13,8	99	61	86	82	0,1	x	0,1
22	8,2	18,9	8,8	11,2	99	51	96	82	x	x	7,5
23	9,5	21,6	10,4	13,0	99	43	92	78	x	x	5,3
24	7,3	22,8	11,6	13,3	99	44	94	79	x	x	7,1
25	9,3	22,3	9,5	12,7	99	41	96	79	x	x	8,1
26	7,8	21,4	12,1	13,4	99	54	94	82	x	x	5,8
27	9,4	22,7	10,1	13,1	99	42	96	79	x	x	7,7
28	8,8	23,2	15,8	15,9	99	50	68	72	x	x	5,8
29	11,3	25,4	13,8	16,1	98	39	90	76	x	x	9,9
30	12,5	23,5	13,0	15,5	99	45	91	78	x	x	5,0
31											

# MĚSÍČNÍ PŘEHLED KLIMATICKÝCH PODMÍNEK

Stanice : KOPISTY      Měsíc,rok : říjen, 2016

Den	Teplota vzduchu (°C)				Relativní vlhkost (%)				Množství srážek (mm)	Výška sněhové pokrývky (cm)	Sluneční svit (hod)
	v hodinu			průměr	v hodinu			průměr			
	7.	14.	21.		7.	14.	21.				
1	12,1	22,9	15,9	16,7	99	55	88	81	0,6	x	5,7
2	9,7	15,6	11,4	12,0	98	79	98	92	3,6	x	3,8
3	8,2	14,2	10,0	10,6	100	71	97	89	4,7	x	0,1
4	11,8	13,8	8,5	10,7	85	57	69	70	NEM	x	3,8
5	5,8	9,2	7,9	7,7	84	72	85	80	1,4	x	1,0
6	7,8	9,7	8,4	8,6	94	89	93	92	7,1	x	x
7	6,9	10,4	6,1	7,4	97	86	96	93	1,5	x	0,7
8	6,5	9,7	8,1	8,1	94	85	85	88	0,7	x	0,1
9	7,9	10,8	2,5	5,9	85	63	97	82	x	x	1,2
10	4,6	8,9	5,8	6,3	99	74	96	90	NEM	x	0,1
11	5,6	8,5	6,7	6,9	97	76	88	87	0,1	x	2,1
12	6,2	8,3	7,1	7,2	91	78	86	85	0,3	x	0,1
13	6,6	8,4	7,1	7,3	96	84	81	87	x	x	x
14	7,5	9,4	9,8	9,1	84	78	81	81	x	x	x
15	8,9	12,7	10,3	9,9	87	74	95	85	0,1	x	x
16	9,2	19,5	7,7	11,0	99	46	97	81	x	x	4,7
17	8,9	9,8	8,7	9,0	99	90	96	95	x	x	x
18	8,7	11,7	10,7	10,5	98	88	97	94	2,7	x	x
19	9,1	11,4	9,0	9,6	99	64	76	80	2,8	x	2,1
20	7,6	11,8	6,5	8,1	87	50	97	78	7,0	x	4,4
21	5,8	8,9	5,5	6,4	99	74	95	89	0,1	x	0,1
22	0,1	6,7	4,9	4,2	99	93	98	97	1,2	x	0,2
23	4,0	8,5	6,7	6,5	99	83	94	92	2,5	x	x
24	6,5	8,9	8,6	8,2	98	94	99	97	6,6	x	x
25	8,9	13,1	10,4	10,7	99	73	93	88	0,3	x	1,9
26	7,9	10,5	7,3	8,3	95	78	89	87	x	x	0,1
27	5,6	12,4	9,1	9,1	98	73	97	89	0,2	x	0,6
28	4,1	12,6	12,3	10,3	99	72	82	84	x	x	0,2
29	9,0	11,4	9,6	9,9	81	57	71	70	x	x	1,4
30	8,3	12,9	7,4	9,0	84	54	79	72	0,2	x	2,9
31	1,1	13,8	10,5	9,0	96	55	79	80	x	x	6,5

# MĚSÍČNÍ PŘEHLED KLIMATICKÝCH PODMÍNEK

Stanice : KOPISTY      Měsíc,rok : listopad, 2016

Den	Teplota vzduchu (°C)				Relativní vlhkost (%)				Množství srážek (mm)	Výška sněhové pokrývky (cm)	Sluneční svit (hod)
	v hodinu			průměr	v hodinu			průměr			
	7.	14.	21.		7.	14.	21.				
1	2,6	14,3	8,4	8,4	98	53	78	76	x	x	5,6
2	6,3	8,8	7,3	7,4	79	61	66	69	1,9	x	4,8
3	2,8	8,6	3,1	4,4	76	45	90	70	0,1	x	5,8
4	-0,5	6,1	3,2	3,0	99	80	94	91	x	x	0,2
5	3,4	4,3	4,6	4,2	89	91	98	93	2,3	x	x
6	2,8	6,2	1,4	3,0	99	93	96	96	NEM	x	x
7	0,7	6,0	3,0	3,2	99	76	93	89	1,4	x	x
8	-2,4	4,1	1,0	0,9	98	82	95	92	0,3	x	1,3
9	-1,8	4,5	-1,5	-0,1	98	66	97	87	2,3	x	5,6
10	-0,4	1,5	2,5	1,5	97	95	88	93	0,8	3	x
11	2,0	3,7	1,4	2,1	93	85	88	89	x	x	x
12	-3,5	0,3	-0,3	-0,1	87	69	75	77	x	x	x
13	-6,4	4,0	-5,8	-3,5	95	45	95	78	x	x	6,7
14	-8,2	5,0	-5,2	-3,4	95	53	95	81	x	x	6,8
15	-3,7	1,7	0,7	-0,2	97	87	97	94	2,8	x	x
16	1,7	6,4	5,1	4,6	99	95	99	98	0,5	x	x
17	3,3	10,9	8,5	7,8	99	83	96	93	0,3	x	x
18	5,6	14,6	8,6	9,4	96	59	73	76	0,8	x	2,6
19	6,3	7,0	4,9	5,8	86	97	87	90	8,1	x	x
20	1,2	7,1	5,8	5,0	98	80	93	90	x	x	1,8
21	6,0	8,5	7,4	7,3	98	91	98	96	x	x	x
22	8,5	9,5	8,3	8,7	96	88	94	93	x	x	x
23	8,2	9,0	7,3	8,0	97	91	97	95	x	x	x
24	6,6	8,8	7,3	7,5	95	86	87	89	x	x	x
25	4,4	7,3	2,0	3,9	92	72	85	83	x	x	1,7
26	-1,3	3,8	0,2	0,7	98	80	95	91	x	x	x
27	4,5	6,1	3,3	4,3	85	73	67	75	0,3	x	4,0
28	-0,2	2,6	-1,5	-0,2	70	50	74	65	x	x	4,1
29	-6,2	4,3	-6,1	-3,5	91	43	89	74	x	x	7,2
30	-6,6	4,7	1,3	0,2	94	39	91	75	3,0	x	0,7
31											

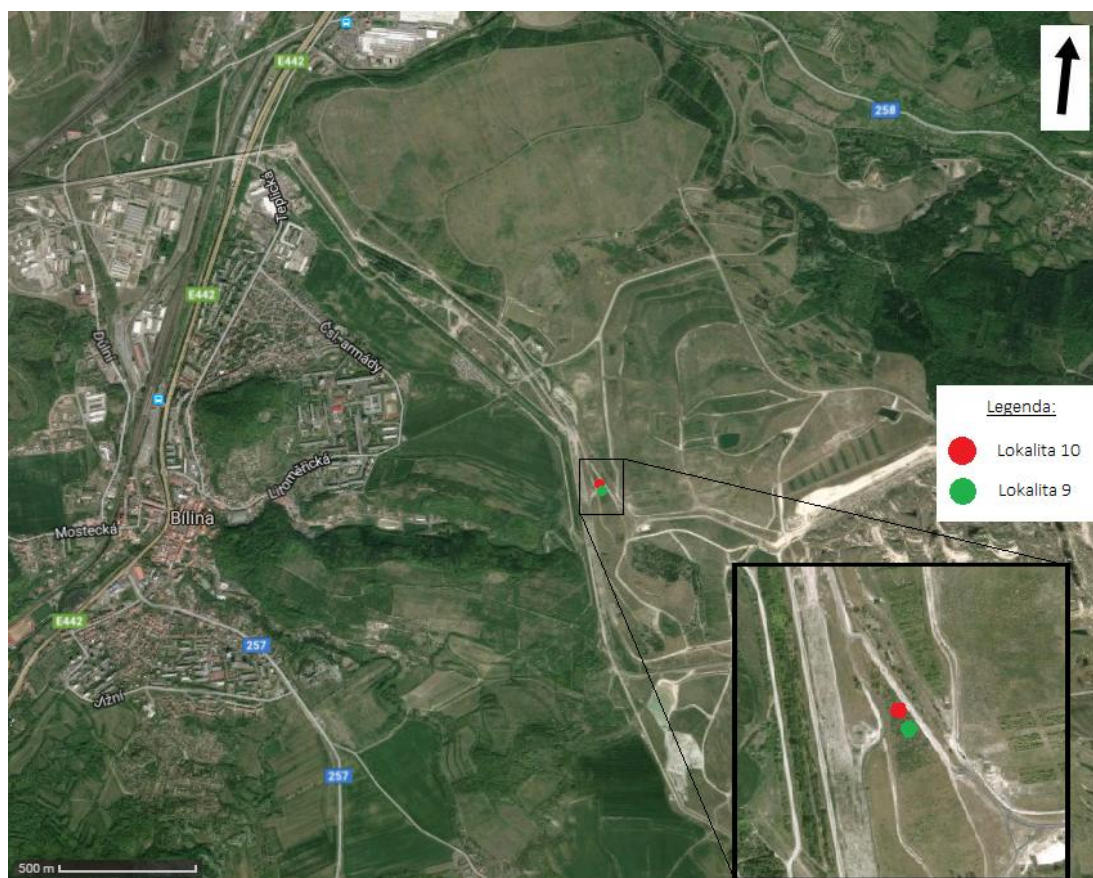
## Příloha č.8: Poloha lokalit na výsypce Malé Březno



Lokality: 1, 8 – *dub červený*; 2, 5 – *dub letní*; 3, 4 – *modřín opadavý*; 6, 7 – *lípa srdčitá*.



### Příloha č.9: Poloha lokalit na Radovesické výsypce



Lokalita: 9 – borovice lesní; 10 – javor klen